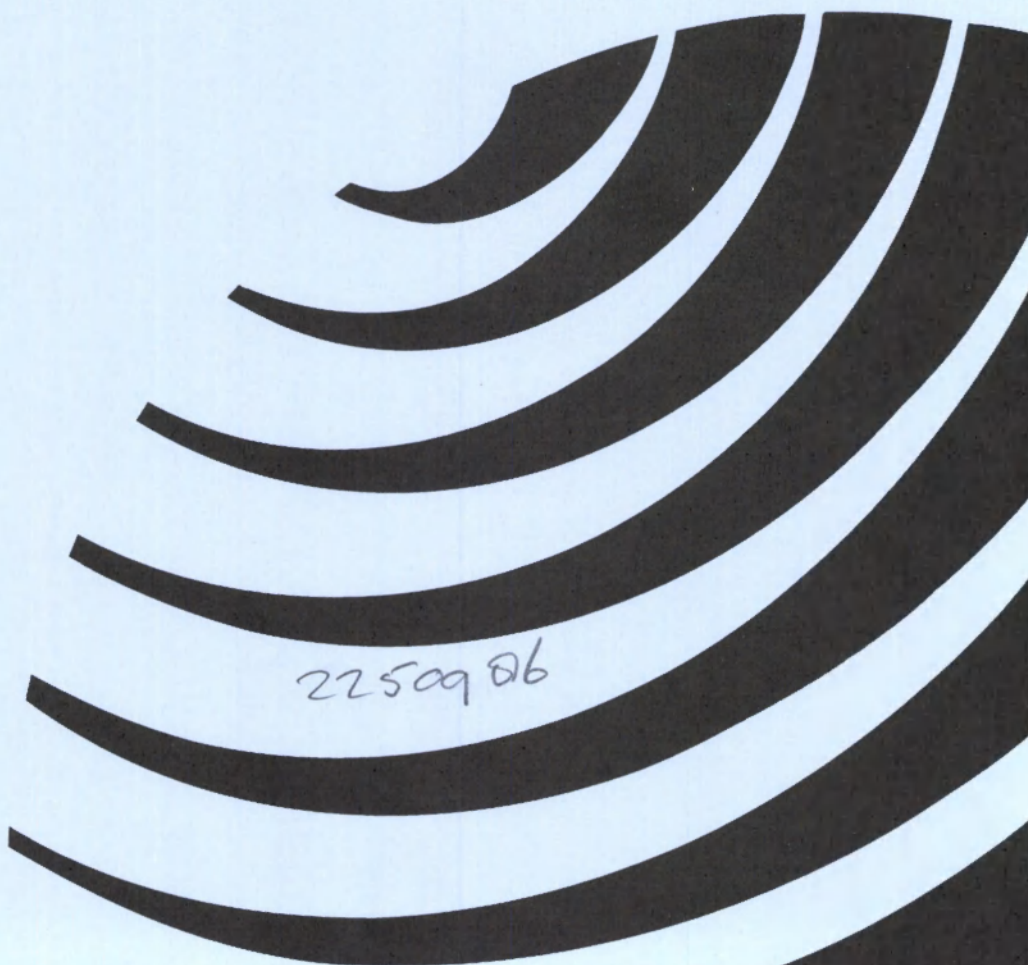


ACTIEPROGRAMMA UI
Voortgangsrapportage over 1994
(vierde jaar) met samenvattingen over
de looptijd van het programma

ato-dlo



22509 06

INLEIDING

In dit laatste rapport zijn de rapportages samengevat van het ATO-DLO onderzoek over 1994 betreffende het integrale onderzoek- en ontwikkelingsprogramma voor de ui tussen teelt en consument. Het oorspronkelijk opgezette en overeengekomen programma bestond uit de volgende onderdelen:

1. Onderzoek naar mogelijkheden van verbetering van de logistieke keten tussen teelt en consument.
2. Onderzoek naar de kwaliteit van de bolhuid, fysiologische aspecten van de scheutgroei en mogelijkheden van natuurlijke secundaire plantestoffen voor de remming van de scheutgroei.
3. Onderzoek naar de invloed van temperatuur en dampspanningsverschillen op een aantal kwaliteitsaspecten van uien t.b.v. een betere beheersing van de kwaliteit tijdens de bewaring en mogelijkheden van verschillende gassamenstellingen voor de remming van de scheutgroei.
4. Onderzoek en ontwikkeling van speciale verpakkingen voor uien ter verbetering van het uitstalleven en de presentatie.
5. Onderzoek naar mogelijkheden voor toepassing van Computer Beeld Analyse voor een snelle en objectieve classificering van uien op basis van uit- en zomogelijk inwendige kwaliteitsaspecten.
6. Toepassing van andere processen/technieken voor de ontwikkeling van nieuwe uiproducten of snacks met ui als bestanddeel daarin.
7. Onderzoek naar droogmethoden voor uien die perspectief bieden voor de Nederlandse ui en een hoogwaardiger produkt opleveren.
8. Onderzoek naar de mogelijkheden voor de winning van pectines uit uieafvallen.
9. Onderzoek naar produktiemogelijkheden van Aceton, Butanol en Ethanol (ABE) uit uieafvallen.
10. Mogelijkheden voor anaerobe vergisting van afvallen van uienverwerkende bedrijven.

Aan alle onderdelen van het actieprogramma ui is tijdens de looptijd van het programma de nodige aandacht besteed. Omdat het een afsluitend jaar betreft zijn in dit rapport per onderdeel samenvattingen opgenomen van de voornaamste onderzoekresultaten over de looptijd van het programma, alsmede een eindconclusie.

Niet alle onderdelen van het programma hebben direct haalbare toepassingen opgeleverd. Wel heeft het onderzoek op deze onderdelen de inzichten vergroot en de basis gevormd voor voortgaand onderzoek in EU programma's.

Het geheel overziende heeft het programma echter een redelijk aantal tastbare resultaten opgeleverd die perspectieven bieden voor de uiensector.

De leider van Actieprogramma ui van ATO-DLO

Ing. P.S. Hak

INHOUDSOPGAVE

PAG.

Samenvatting belangrijkste onderzoekresultaten	1
Bijlage 1: Logistieke aspecten van de uiensector.	3
Bijlage 2: Fysiologische aspecten van rust bij <i>Allium cepa</i> L. kwaliteit van de bolhuid.	6
Bijlage 3: Effecten van waterpotentiaal, temperatuur en gassamenstelling op bewaring en kwaliteit van uien.	17
Bijlage 4: Verpakkingssystemen voor uien.	27
Bijlage 5: Computer Beeld Analyse (CBA) en objectieve classificering van uien.	30
Bijlage 6: Ontwikkeling nieuwe methoden en produkten voor de verwerking van uien.	33
Bijlage 7: Verbetering van de kwaliteit van gedroogde uieprodukten.	36
Bijlage 8: Uieafval als grondstof voor de produktie van pectine en kleurstoffen.	48
Bijlage 9: Produktie en opwerking van Aceton, Butanol en Ethanol (ABE) op agrarische afvallen, waaronder uieafval.	51
Bijlage 10: Anaerobe vergisting van uieafvallen.	55

Samenvatting van voornaamste onderzoekresultaten van het Actieprogramma ui

- * Een goede aanpak van Ketenmanagement, o.a. door het creëren van demonstratieketens en het gericht werken aan marktsegmentatie en produktontwikkeling, kan bijdragen aan het succes van de sector en dus van de individuele ondernemingen daarin.
- * De inzichten in de fysiologische aspecten van scheutgroei bij uien zijn dermate vergroot dat door de veredelingssector belangstelling bestaat voor vervolgonderzoek.
- * Met secundaire plantestoffen, met name carvon, kan de uitwendige scheutgroei, de wortelgroei en de ontwikkeling van schimmels goed worden geremd, echter **niet** de inwendige scheutgroei.
- * Voor meer geavanceerde bewaring van uien (mechanische koeling en CA-bewaring) zijn parameters ontwikkeld waarop kan worden gestuurd voor handhaving van een goede kwaliteit.
- * Er zijn bewaarmogelijkheden ontwikkeld waarin de uit- en inwendige kwaliteit van 'onbespoten' uien tot in juni kan worden gehandhaafd.
- * Er zijn direct voor de praktijk toepasbare verpakkingsconcepten ontwikkeld waarin de scheutgroei en schimmelvorming kan worden geremd en de presentatie verhoogd.
- * Met Computer Beeld Analyse (CBA) kunnen uien op grootte en uitwendige kwaliteit worden gesorteerd. Samenwerking met een mechanisatie bedrijf leidt tot het beschikbaar komen van deze technologie voor de praktijk vanaf eind 1995.
- * Er zijn hoogwaardige enkelvoudige snacks van uien ontwikkeld waarop octrooi is aangevraagd en waarvoor verschillende bedrijven belangstelling hebben. Ook vindt overleg met enkele bedrijven plaats over de toepassing van ontwikkelde samengestelde snacks met ui als bestanddeel daarin.
- * Voor de bevordering van toepassing van uien in verwerkt produkt vanwege de aanwezigheid van allicine en flavanolen, componenten die een positieve werking lijken te hebben bij het tegengaan van hart- en vaatziekten en het voorkomen van kanker, is binnen de kaderprogramma's van de EU een voorstel geschreven en ingediend. Eén en ander kan het gezond imago van de ui versterken.
- * Aangetoond is dat het drogen van uien met een combinatie van hete lucht en elektromagnetische energie commercieel en technologisch interessante perspectieven biedt. Met dit proces wordt een beter rehydrateerbaar produkt verkregen met "near-fresh" eigenschappen. De toegevoegde waarde van een dergelijk produkt is aanzienlijk groter dan van conventioneel gedroogde uiprodukten.

- * Gebleken is dat uit droge uieafvallen een aantal interessante stoffen kunnen worden geëxtraheerd, waaronder pectine en een bruine kleurstof. Voor beide componenten is overleg gaande over de toepassing. Voor wat betreft de pectines is op basis van dusver uitgevoerd onderzoek en literatuurstudie een internationaal onderzoekproject geformuleerd en begin 1995 ingediend bij de EU.
- * Gebleken is dat het technisch mogelijk is uieafvallen te gebruiken als substraat voor fermentaties t.b.v. de produktie van bio-brandstoffen (ABE). De uitkomsten van de kostenberekening van het proces zien er op het eerste gezicht gunstig uit, maar in de praktijk kunnen vele factoren een rol spelen die een drastische prijsverhoging tot gevolg hebben. Wetenschappelijk gezien heeft het project een vervolg gekregen in de vorm van twee internationale projecten op ABE-gebied.
- * Uit onderzoek en berekeningen kon worden vastgesteld dat anaerobe vergisting van uieafvallen van uienverwerkende bedrijven goed mogelijk is en economisch steeds aantrekkelijker kan worden.

BIJLAGE 1

VOORTGANGSVERSLAG UIENONDERZOEK 1994

Projectnummer	: 7.01.60
Projecttitel	: Logistieke aspecten van de uiensector
Projectleider	: Ing. A. Hoogerwerf
Overige medewerkers	: Ir. A. E. Simons
Datum verslag	: maart 1995

INLEIDING/DOELSTELLING

Een agrarisch produkt wordt op specifieke wijze geproduceerd, verwerkt, verhandeld en afgezet aan de finale afnemers. Ook in de uiensector worden bepaalde activiteiten uitgevoerd die kenmerkend zijn voor deze sector.

Dit onderzoek omvatte een inventarisatie van de fysieke produktstromen, activiteiten, informatiestromen en organisatiestructuren in de sector en een analyse van de samenhang van de activiteiten. Het doel was inzicht te krijgen in de sterke en zwakke kanten van de sector om aanbevelingen te kunnen doen voor verbetering van zwakke punten.

VOORTGANG/RESULTATEN ONDERZOEK IN 1994

De werkzaamheden m.b.t. dit project zijn uitgevoerd in 1991 en 1992. Eind 1992 werd dit project afgesloten.

SAMENVATTING RESULTATEN VAN DIT ONDERZOEK

Uit de verrichte inventarisatie van de uiensector en op basis van thans aanwezige inzichten zijn de volgende conclusies geformuleerd:

- * De commissionairs zijn de uiteindelijke prijsbepalers in de sector.
- * Een zwak punt bij de telers is de ongeorganiseerde afzet (zwakke onderhandelingspositie).
- * De tijdsduur van bewaren, door met name de telers, is niet van te voren gepland maar wordt bepaald door de marktsituatie en de produktkwaliteit.
- * In verband met de toenemende specifieke wensen van de afnemers t.a.v. de produktkwaliteit wordt het voor de handel steeds belangrijker grip te krijgen (te kunnen sturen) op de kwaliteit en herkomst van de in te kopen partijen.
- * Veel groothandelaren blijken geen actueel inzicht te hebben in de financiële stand van zaken van hun bedrijfsproces. Marges tussen inkoopprijs en verkoopprijs worden vaak op grond van ervaringsfeiten aangehouden en stemmen lang niet altijd overeen met de realiteit.

- * Uitlezen vindt nog handmatig plaats. De benodigde hoeveelheid arbeid kan zeer wisselend zijn, afhankelijk van de hoeveelheid tarra en de nagestreefde handelsklasse. Het sorteren op klasse I kost extra arbeid en uitval. Inzichten in mééropbrengsten ontbreken, dus wordt vaak automatisch gekozen voor het leveren van klasse II.
- * Meer dan de helft van de uienproduktie wordt eerst 4 - 9 maanden bewaard. Dit vraagt om een hoogwaardig bewaarproces om de kwaliteitsteruggang te kunnen beperken. In de praktijk blijkt het bewaren van uien (bij telers) nog te vaak primitief plaats te vinden.
- * Het speculatieve aspect in de keuze van het moment van afzet door de teler kan leiden tot ongunstige situaties voor de sector als geheel. Het wachten op een hogere prijs als de handel door haar eigen voorraad heen is leidt nogal eens tot een stagnerende export, onderbenutting van de sorteercapaciteit en import, waardoor de telers in het late voorjaar alsnog tegen lage prijzen moeten afzetten.
- * De capaciteit voor sorteren en verpakken is méér dan groot genoeg. Dit geeft de betreffende bedrijven een zwakke positie.

AANBEVELINGEN

Succesvolle sectoren, bijvoorbeeld de snijbloemensector, de groentesector en de potplantensector, danken hun succes aan de strategische visie van de sectordeelnemers dat men als deelnemers in de keten een aantal belangen *gezamenlijk* heeft. Op basis van dit inzicht is men bereid een stuk van de eigen verantwoordelijkheid - en dus van de eigen vrijheid - af te staan. Deze strategische visie ontbreekt bij een groot deel van de deelnemers in de uiensector. Hierdoor bestaat de situatie dat iedere deelnemer zijn eigen belang optimaliseert, waardoor de sector als geheel verworpen is tot een marginale business van laagbetaald - vooral tweede klasse - bulkprodukt. De oorzaak van de problemen in de uiensector ligt dus niet in het feit dat de uiensector een marginale business *is*, maar in het ontbreken van de strategische visie bij veel van de deelnemers dat sectorcoördinatie in belangrijke mate kan bijdragen aan het succes van de sector, en dus van de individuele ondernemingen daarin.

Een aanzet voor verbetering van deze situatie kan wellicht gevonden worden in de ontwikkeling van een goede aanpak van Ketenmanagement. Belangrijke aandachtspunten voor Ketenmanagement zouden kunnen zijn:

1. Versterking van het strategisch denken door het creëren van demonstratie-ketens.
2. Ontwikkelen van concrete samenwerkingsverbanden tussen bedrijven, bijvoorbeeld door het betrekken van bestaande afzetkanalen in andere sectoren bij de afzet van uien.
3. Gericht werken aan marktsegmentatie en produktontwikkeling

Door de Overheid is verbetering van Ketenmanagement onderstreept via het starten van een financiële bijdrageregeling. Hierop kunnen groepen van bedrijven, tezamen met kennisinstellingen, een beroep doen. Een gecoördineerde aanpak van meerdere samenwerkende schakels in de uienketen is hiervoor noodzakelijk.

TECHNOLOGISCHE INNOVATIE

Op enkele punten kan technologische innovatie een hulpmiddel zijn bij het versterken van de bedrijfstak. Het gaat hierbij met name om:

- * Het ontwikkelen van betaalbare, arbeidsextensieve sorteer/leesinstallaties waardoor de kosten van het sorteren omlaag kunnen en werken op klasse I profijtelijker wordt. Vooral Computer Beeld Analyse (CBA) biedt goede perspectieven.
- * Toepassen van hoogwaardige bewaarsystemen waarbij intelligente besturingssystemen profijtelijk kunnen zijn voor kwaliteit, kosten en energieverbruik
- * Toepassen van bewaarmethoden waarbij geen anti spruitmiddel noodzakelijk is zodat het imago van de ui als puur natuurprodukt kan worden versterkt.
- * Nieuwe verpakkingen voor meer kwaliteitsbehoud (spruitremmend) en betere presentatiemogelijkheden om marktsegmentatie te kunnen realiseren.

VOORTGANGSVERSLAG UIENONDERZOEK 1994

Projectnummer : 02.02.13
Projecttitel : Kwaliteit van de bolhuid en fysiologische aspecten van rust bij *Allium cepa* L.
Projectleider : Ir. C. Pak
Overige medewerkers : M.E. Kasteleijn, Ir. J. Jansen
Datum verslag : maart 1995

INLEIDING/DOELSTELLING

Het doel van het onderzoek is meer inzicht te krijgen in de fysiologische aspecten van spruitrust bij uien. Door een beter inzicht hierin kan meer doelgericht en efficiënt worden gezocht naar methoden/alternatieve middelen om de spruitgroei na de oogst tegen te gaan. Ook zal een beter inzicht in de processen bevordelijk zijn voor het vinden van een manier om vroegtijdig (direct na de oogst) de diepte van de rust te bepalen om zo de bewaarduur van een partij te kunnen voorspellen. Daarnaast zijn ook enkele aspecten van de huidkwaliteit bekeken.

In het afgelopen jaar heeft het onderzoek zich voornamelijk gericht op fysiologische aspecten van de spruitrust en het uitstellen van spruiting.

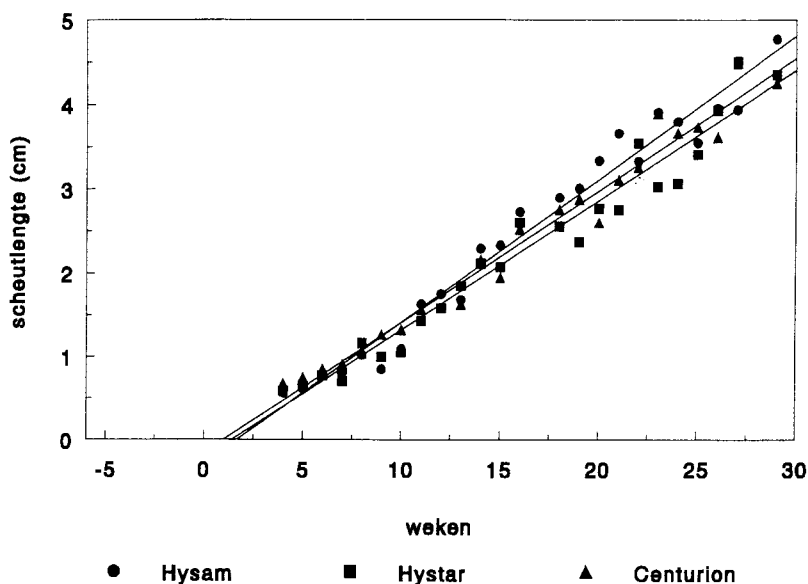
VOORTGANG/RESULTATEN IN 1994**A. Fysiologische aspecten van de scheutgroei.****Correlatie tussen scheutgroei en suikermetabolisme**

De suikers die worden geproduceerd gedurende het groeiseizoen worden grotendeels opgeslagen in de bolrokken. Gedurende de bewaring worden deze suikers gemobiliseerd en o.a. gebruikt voor de groei van de scheut. Door het karakteriseren van het koolhydraatmetabolisme wordt het begrip in het scheutgroeiproces bij uien vergroot. Deze kennis zou bij kunnen dragen tot het verbeteren van bewaarmethoden, een bepaling voor de bewaarbaarheid van een partij uien etc.

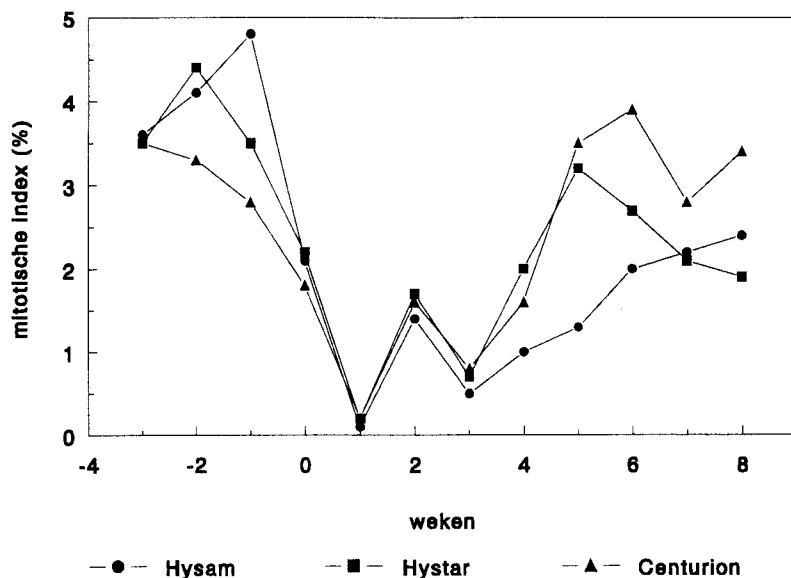
De nu volgende gegevens overlappen deels met de gegevens uit de voorgaande rapportage. Voor de volledigheid zijn deze nogmaals opgenomen in deze rapportage.

De groei van de scheut van de ui start vrijwel direct na het oogsten (binnen 2 weken) tijdens bewaring bij 16°C. De groei was lineair van september tot januari, zoals te zien is in figuur 1. De definitie van rust is dat er geen groei of activiteit is; dit houdt in dat er bij deze uien dus geen sprake is van een rustperiode. Ook als naar celdelingsactiviteit wordt gekeken (figuur 2) blijkt dat deze, afgezien van een korte periode kort na de oogst, vrijwel steeds aanwezig is. Dit wijst ook op de afwezigheid van een rustperiode.

Bij het suikermetabolisme zijn de concentraties van verschillende suikers (glucose, fructose, sucrose en fructan) in de rokken, bolbodem en scheut gemeten (figuur 3). In figuur 3A en B is te zien dat de opslagsuiker fructan afneemt gedurende de bewaring in de rokken. Fructose dat ontstaat uit fructan, neemt toe, waarschijnlijk omdat het niet snel genoeg kan worden omgezet naar sucrose. Sucrose is de transport-suiker, en blijft redelijk constant tijdens



Figuur 1: Scheutlengte van 3 uienrassen tijdens bewaring. Geoogst werd in week 0.



Figuur 2: Mitotische index van 3 uienrassen rond het moment van oogst (week 0).

Bij zowel figuur 2 als 4 is er een correlatie tussen het moment waarop de curve gaat stijgen (enkele weken na de oogst) en het moment waarop de scheutgroei start (zie figuur 1).

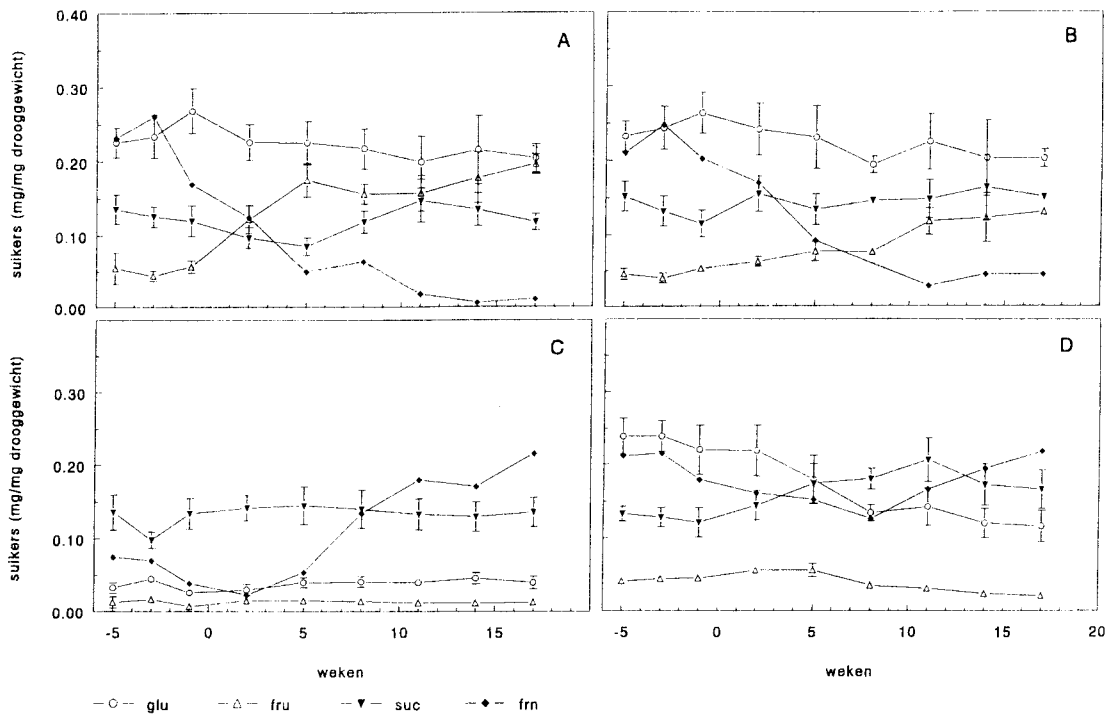
Samenvattend kan gesteld worden dat:

- Begin van de scheutgroei correleert met:
 - delingsactiviteit
 - sucrose synthase activiteit.
- De scheutgroei correleert met:
 - sucrose synthase activiteit
 - fructan concentraties (afname fructan in rokken, en toename fructan in de bolbodem bij een toename scheutgroei)

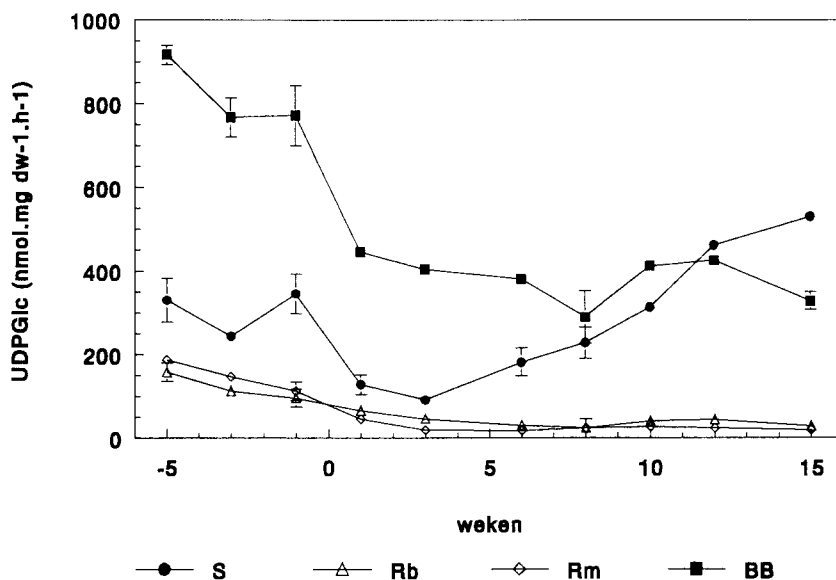
de bewaring.

In de bolbodem doet zich een onverwacht verschijnsel voor: fructan hoopt zich op (figuur 3C). Mogelijk fungeert de bolbodem als tussentijds opslagorgaan tijdens de bewaring. In de scheut zijn gedurende de bewaring verschillende suikers aanwezig (figuur 3D). Het lijkt er niet op dat de hoeveelheid suikers in de scheut beperkend is voor de groei. Ook het feit dat in de bolbodem her-opslag van suikers plaats vindt wijst erop dat suikers in voldoende mate aanwezig zijn voor een snelle groei van de scheut.

Behalve de aanwezigheid van suikers moeten ook de enzymen aanwezig zijn om de suikers af te breken ten behoeve van de groei. Sucrose synthase en invertase zijn beide enzymen die de sucrose kunnen afbreken. Invertase activiteit werd echter niet gedetecteerd in uien. Sucrose synthase bleek wel aanwezig te zijn in de ui (figuur 4). Het verloop van de sucrose synthase activiteit in de scheut vertoont sterke overeenkomsten met de delingsactiviteit (figuur 2).



Figuur 3: Glucose (glu), fructose (fru), sucrose (suc) en fructan (frn) gehalten in verschillende boldelen van de ui, cv Hysam. A: buitenste bolrokken, B: middelste bolrokken, C: bolbodet, D: scheut.



Figuur 4: Activiteit van sucrose synthase, uitgedrukt per hoeveelheid gevormde UDPGlc, in de buitenste rokken (Rb), middelste rokken (Rm), bolbodet (BB) en scheut (S) in cultivar Hysam. Geoogst werd in week 0.

Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat het meten van suikerconcentraties in een vroeg stadium van de scheutgroei een voorspelling op kunnen leveren voor de snelheid van scheutgroei. Dit komt waarschijnlijk doordat de suikers (of de omzetting ervan m.b.v. sucrose synthase) niet de beperkende factor zijn voor de scheutgroei.

Om te testen wat dan de beperkende factor voor scheutgroei was tijdens de bewaring werden uien geplant in vochtig vermiculite. Uit

dit experiment bleek dat met eenzelfde enzymactiviteit een veel snellere groei werd gerealiseerd. Hieruit werd geconcludeerd dat water de belangrijkste beperkende factor is voor de scheutgroei tijdens bewaring.

Scheiden van iso-enzymen van sucrose synthase

Iso-enzymen zijn enzymen die in principe dezelfde omzettingen bewerkstelligen. Echter er kunnen kleine verschillen zijn in grootte, elektrische lading e.d. waardoor ze van elkaar kunnen worden onderscheiden. Ook genetisch verschillen deze iso-enzymen van elkaar. Iso-enzymen kunnen voorkomen o.a. in verschillende plantedelen of op verschillende tijdstippen in de ontwikkeling van een plant.

Mogelijk zijn er meerdere iso-enzymen in de ui van sucrose synthase; één in de rokken die voornamelijk sucrose vormt, en één in de scheut die voornamelijk voor afbraak van sucrose zorgt. Dit zou perspectieven bieden voor het ontwikkelen van een toets om het stadium (voor of na het starten van de scheutgroei) te bepalen direct na de oogst of vroeg tijdens de bewaring.

Met behulp van moleculair biologische technieken werd getracht de coderende sequentie van sucrose synthase te isoleren. Hiermee kan bekeken worden wanneer sucrose synthase wordt gevormd, en welk iso-enzym wordt gevormd. Helaas zijn we hierin (tot nu toe) niet geslaagd.

Beïnvloeding van scheutaanleg en -groei d.m.v. daglengte

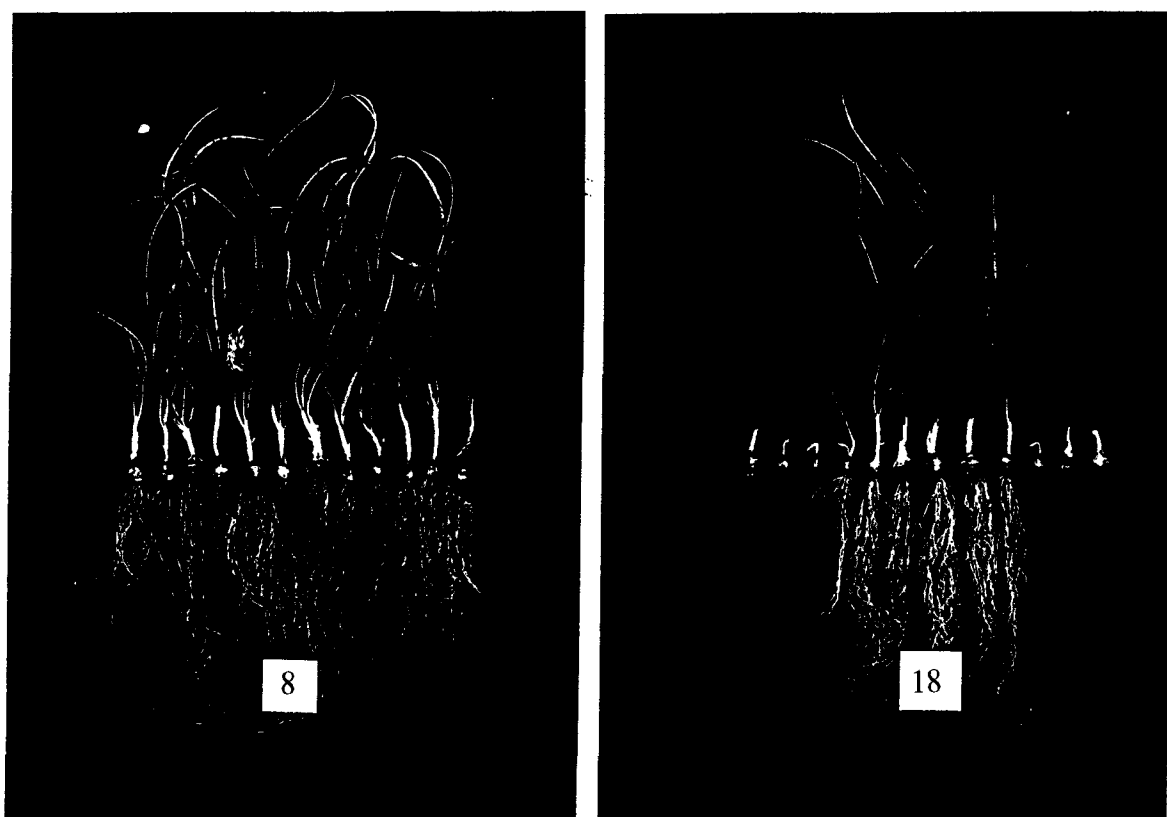
De scheutvorming wordt bepaald door het moment waarop de scheut wordt aangelegd en door de snelheid van de scheutgroei. Als de aanleg van de scheut kan worden uitgesteld wordt daarmee de hele scheutvorming waarschijnlijk evenredig vertraagd. Dit leidt dan dus direct tot een langere bewaarbaarheid.

Er zijn sterke aanwijzingen dat de daglengte van invloed is op het moment van scheutaanleg. De scheutvorming bij uien volgt na de bolvorming, normaliter vroeg in het bewaarstadium. Echter onder bepaalde omstandigheden begint de scheutaanleg al eerder. Dit is het geval bij uien die gedurende de bolvorming (door lange dagen geïnduceerd) worden blootgesteld aan korte dagen. Hierdoor stopt de afsplitsing van rokken door het groeipunt en wordt met het vormen van de nieuwe scheut begonnen. Aanwijzingen zijn gevonden dat deze overgang van rok naar bladvorming niet alleen tijdens de bolvorming door de daglengte wordt beïnvloed, maar dat de uien ook ná de oogst 'gevoelig' blijven voor daglengte-regulatie van hun ontwikkeling. In de literatuur zijn hiervoor enkele aanwijzingen gevonden.

De experimenten waarbij uien onder verschillende daglengten werden bewaard zijn uitgevoerd met kas-uitjes. Deze werden geteeld in kassen, en met kunstmatige dagverlenging/verkorting. Dit was nodig om meerdere keren per jaar over uien in het goede groeistadium te kunnen beschikken. De uien lijken hetzelfde te reageren als 'normale' uien, ze zijn alleen veel kleiner (ca 2 cm doorsnee).

Uien met een kleine inwendige scheut werden geplant bij een korte daglengte van 8 uur (KD) en bij een lange dag van 18 uur (LD). In figuur 5 is te zien dat deze behandelingen een duidelijk effect hebben op de beworteling en scheutgroei van de uien. Onder LD is bij een aantal uien de beworteling en scheutgroei geremd. Het aantal bladeren dat gemiddeld werd afgesplitst is bij LD minder dan bij KD; dit wijst op een tragere ontwikkeling van de scheut.

Ook bij droge bewaring van uien onder KD (8 uur) en LD (16 uur) waren er verschillen in scheutontwikkeling. KD leidde tot relatief meer bladeren ten opzichte van rokken, wat wijst op een snellere overgang naar scheutaanleg dan bij LD. Ook de groei van



Figuur 5: De invloed van korte dag (links) en lange dag (rechts) op de uitgroei van uien.

de scheut werd gestimuleerd door een korte daglengte.

Bovenstaande gegevens wijzen er op dat de scheutaanleg én de scheutgroei worden beïnvloed door de daglengte. Bij het huidige rassenassortiment bestaat er grote variatie in bewaarbaarheid m.b.t. spruitvorming. Er zijn echter nog steeds geen rassen beschikbaar die zo lang bewaarbaar zijn dat verkoop van jaarrond uien (van Nederlandse bodem) mogelijk is. Gezien de grote variatie in daglengte gevoeligheid voor de bolinductie tussen verschillende cultivars is het zeer waarschijnlijk dat er ook wat betreft de scheutaanleg een grote variatie bestaat in daglengte-gevoeligheid. Dit zou van groot belang kunnen zijn voor de aanleg van de scheut tijdens de laatste groeifase op het veld, waarin de dagen korter worden. De eigenschappen die een rol spelen bij de scheutvorming bij verschillende goed houdbare rassen zullen moeten worden gekarakteriseerd.

B. Toepassing van natuurlijke secundaire plantestoffen

Scheutremming door carvon toediening bij verschillende bewaartemperaturen

Het effect van carvon bij 2, 16 en 30°C op de scheutremming en indringing bij cultivar Hyton werd onderzocht. In tabel 1 staan de hoeveelheden carvon en afbraakprodukten die na een week na het starten van het experiment werden gemeten. Zoals verwacht werd op basis van de verdampingssnelheid van carvon bij verschillende temperaturen, was bij 30°C de hoeveelheid carvon het hoogste. Bij 16°C was de concentratie carvon echter niet hoger dan bij 2°C. Dit werd veroorzaakt door een veel actievere afbraak van carvon door de uien bij 16°C. Bij 2°C was de hoeveelheid IDHC 12% van de hoeveelheid carvon, en bij 16°C was die 145%.

Tabel 1: gemeten hoeveelheden carvon en afbraakprodukten (in ppm) in afgesloten bakken met uien.

temperatuur	carvon	IDHC*	DHC*
2°C	23.3	2.7	1.2
16°C	15.8	23.2	1.9
30°C	58.0	41.6	8.7

* IDHC = isodihydrocarveol; DHC = dihydrocarveol

Er waren geen significante verschillen in scheutgroei tussen de controle en carvon behandeling bij 30°C bij de eerste beoordeling in januari. Door de hoge temperatuur in combinatie met 100% RV in de afgesloten bakken ontstonden er echter problemen met rot in deze 30°C behandeling. Daarom werd de scheutgroei bij 30°C niet verder gevolgd.

Uit tabel 2 blijkt dat carvon remmend werkt op de groei van de scheuten. Ook blijken de gehalten aan carvon bij 2°C veel hoger te zijn dan bij 16°C, dit waarschijnlijk door een tragere omzetting bij lage temperaturen, zoals ook al bleek uit de gehalten aan afbraakprodukten in de lucht (tabel 1). Dit leidt mogelijk bij langere bewaarduur tot een sterker kiemremmend effect van carvon bij 2°C ten opzichte van 16°C. Overall zijn de verschillen tussen wel en niet met carvon behandelde uien niet zo erg groot.

Tabel 2: gemiddelde relatieve scheutlengte (lengte scheut/lengte bol) van uien wel/niet behandeld met carvon bij verschillende temperaturen; en de gehalten carvon (µg carvon per gram versgewicht) in de behandelde uien.

	rel. scheutlengte		inwendig carvongehalte	
	controle behandeling	carvon behandeling	rok	scheut + bolbodem
2°C	0.27 ± 0.07	0.21 ± 0.04	10.5	1.0
16°C	1.60 ± 1.49	0.93 ± 0.63	0.05	0.5

Experimenten ter verhoging van de indringing van carvon in de uien

Gebleken is dat de indringing van de etherische olie in de uien niet voldoende is om de inwendige scheutgroei voldoende te remmen. Daarom werden de volgende experimenten uitgevoerd die gericht waren op het verhogen van de indringing.

- Invloed verlaagde luchtvochtigheid
- Invloed van het drogen van de uien
- Vacuüm infiltratie van uien met carvon opgelost in water

Invloed van verlaagde luchtvochtigheid op de indringing van carvon en de scheutremming.

De indringing van etherische oliën bij uien moet worden verhoogd. De belemmering van de indringing werd bij de huidige testsituatie (in afgesloten bakken) mogelijk veroorzaakt door de hoge relatieve luchtvochtigheid (RV). Doordat de uien in vrijwel volledig luchtdichte ruimtes werden bewaard, om verlies van de gasvormige etherische olie tegen te gaan, hoopte zich vocht op. De uien werden nat waardoor wortelvorming werd gestimuleerd en de kans op schimmel(ziektes) toenam. De wortelvorming en schimmelgroei, beide uitwendige groeiend bij de ui, werden door carvon sterk onderdrukt. Echter het vocht op de huid zou wel eens een belemmering kunnen zijn voor de indringing van de etherische olie. Als de etherische olie niet goed in de ui in kan dringen zal de remming op de inwendige scheutgroei onvoldoende zijn.

In het experiment werden de volgende behandelingen met elkaar vergeleken: onbehandeld bij 80% RV; carvontoediening bij 80% RV; en carvontoediening bij 100% RV. Het experiment werd bij 16°C uitgevoerd in april, de scheutlengte was toen al op 60% van de bolhoogte.

In tabel 3 staan de relatieve scheutlengtes weergegeven voor de verschillende behandelingen. De scheuten bij de controle (bij 80% RV) liepen vrij snel uit. De uien hadden een grote groeikracht wat zich uitte in een snelle scheutgroei, er is echter ook een zeer grote spreiding. Opvallend was dat de carvonbehandeling bij 80% RV geen remming veroorzaakte op de scheutgroei, terwijl de remming wel aanwezig was bij 100% RV met carvon. Dit was precies omgekeerd aan de verwachte effecten.

Tabel 3: relatieve scheutlengte na carvontoediening bij hoge en lage luchtvochtigheid (80% RV en 100% RV).

	relatieve lengte
controle, 80% RV	2.50 ± 2.16
carvon, 80% RV	3.23 ± 1.22
carvon, 100% RV	1.19 ± 0.66

In alle boldelen was de hoeveelheid carvon hoger als deze werd toegediend bij 100% RV. De scheut bevatte bij 100% RV ongeveer 5 keer zoveel carvon als bij 80% RV. Deze verschillen waren ook terug te vinden in de hoeveelheden afbraakprodukt. Bij 100% RV waren deze ca 10 keer zo hoog als bij 80% RV.

De scheutgroei en indringing bij hoge en lage RV waern tegenovergesteld aan de verwachtingen; bij een hogere RV was er juist méér carvon aanwezig in de uien en werd de scheutgroei ook meer geremd. De hogere carvon concentraties in de uien waren niet het gevolg van een verminderde afbraak, omdat ook de hoeveelheden afbraakprodukten bij de hoge RV aanzienlijk hoger lagen. Hieruit bleek dat een waterfilm op de ui geen belemmering is voor de indringing van carvon, en mogelijk zelfs stimulerend werkte op de opname. Het mechanisme van deze betere opname bij hoge RV is onbekend.

Invloed van het drogen van uien

Ongedroogde uien, vers van het veld, bevatten nog veel vocht in de hals, de huid en de bolbodem. Om verwerking en ziekten tijdens bewaring te voorkomen worden de uien bij de huidige bewaarmethoden eerst gedroogd. Hierdoor sluit de ui zich min of meer af van de omgeving, en wordt ook de gasuitwisseling sterk gereduceerd. Bovendien is uit voorgaand experiment gebleken dat vocht juist gunstig zou kunnen zijn voor de indringing van carvon.

De uien werden 6 maanden bewaard bij 16°C; één partij werd ongedroogd (direkt van het veld) behandeld, en een tweede partij werd eerst gedroogd, en vervolgens behandeld. Zowel bij de controle als de carvonbehandeling waren er geen verschillen in scheutgroei tussen de ongedroogde en gedroogde uien.

Alhoewel de vochtigheid van de lucht wél invloed had op het effect van carvon (zie voorgaand hoofdstuk), had de vochtigheid van de bol na de oogst geen invloed op de werking van carvon.

Vacuüm infiltratie van uien met carvon opgelost in water

De hoeveelheid carvon die gemiddeld wordt aangetroffen in de scheut van de ui is ca 0,001 mg carvon/g versgewicht. Bij vacuüminfiltratie kan de ui ca 5 tot 10% van zijn gewicht aan water opnemen. De oplosbaarheid van carvon in water is 10 mM. Dit houdt in dat bij de maximale wateropname met maximale carvonconcentratie de hoeveelheid carvon in de ui gemiddeld 0,15 mg carvon/g versgewicht kan bedragen. Dit is vele malen de gemeten concentratie in de scheut, en een goede groeiremming is dan ook te verwachten. De toediening van carvon via deze methode kan, praktisch gezien, alleen aan het begin van de bewaring. De dosering moet dan ook zodanig hoog zijn dat een blijvende schade wordt toegebracht aan het groeipunt of de scheut zodat de verdere groei vertraagd wordt of achterwege blijft.

De uien werden vacuüm geïnfiltreerd in water met verschillende carvonconcentraties. De concentraties waren: alleen water geïnfiltreerd (0% carvon); 20, 40, 60, 80% van de maximale carvonconcentratie in water; en 100% (10 mM carvon).

Er bleken geen verschillen te zijn in scheutgroei (zowel in als uitwendig) tussen de behandelingen na 3 maanden bewaring bij 16°C. Dat de carvon wel in de ui komt blijkt uit lichte vormen van schade (glazigheid van de buitenste rokken) bij de uien die met carvon werden geïnfiltreerd. Een aannemelijke verklaring hiervoor is dat de uien (te) goed in staat zijn om de carvon snel om te zetten in niet werkzame afbraakprodukten.

SAMENVATTING RESULTATEN 1991 TOT 1995

A. Fysiologische aspecten van de scheutgroei.

Anatomisch morfologische verschillen

De plantuien (Rocardo en Centurion) beginnen eerder in het groeiseizoen met de aanleg van de bol dan de zaaiuien (Hysam en Hystar). Echter er zijn geen verschillen in scheutgroei tijdens bewaring bij 16°C.

Suikermetabolisme

Tijdens de bewaring is er een verloop in suikergehaltes in de rokken, bolbodem en scheut. De beschikbaarheid van suikers is geen belemmering voor de scheutgroei. Ook enzymen die voor de suikeromzettingen zorgen zijn in voldoende mate aanwezig. Het enige belemmerende voor de scheutgroei lijkt de beschikbaarheid van water te zijn.

Daglengte

Zowel scheutaanleg als scheutgroei worden beïnvloed door de daglengte. Lange dagen werken hierop vertragend ten opzichte van korte dagen.

B. Toepassing van natuurlijke secundaire plantestoffen

Testen range van stoffen

Negentien etherische oliën werden getest op hun scheutremmende werking. Hieruit kwam carvon naar voren als beste qua scheutremming en geringe schadebeeld.

Toedieningsmethoden

Als toedieningsmethoden werden getest:

- gasvormig
- dopen van de bolbodem in oliën verdund met ethanol, sla-olie of vaseline
- en in een later stadium van het project ook via vacuüm infiltratie.

Bij het dopen was er een wisselend schadebeeld en scheutremmend effect van de oliën. Bovendien is dit in de praktijk moeilijk haalbaar. Daarom werd besloten om de oliën gasvormig toe te dienen.

Later bleek dat de hoeveelheid carvon die theoretisch via vacuüm infiltratie in de ui kon komen hoog genoeg zou kunnen zijn voor scheutremming. Waarschijnlijk door een snelle afbraak van de carvon door de ui zelf had dit echter niet het gewenste scheutremmende effect.

Invloed temperatuur

Bij lage temperatuur (2°C) wordt de afbraak van carvon door de uien geremd, en bevat de ui meer carvon dan bij 16°C waarbij er een hele actieve afbraak is van carvon. De effecten van carvon op de remming van de inwendige scheutgroei zijn bij lage temperatuur ook klein.

Relatieve luchtvochtigheid (RV)

Het verlagen van de relatieve luchtvochtigheid leidt tot minder wortel en schimmelgroei bij de controlebehandelingen; bij de carvonbehandelingen werden deze al onderdrukt. Een lagere luchtvochtigheid leidde tot een slechtere scheutremming door carvon en tot lagere carvongehaltes in de uien. Dus een hoge RV is gewenst voor een

goed effect van carvon.

Concentratie

Voor een optimale remming van de scheutgroei zonder veel schade aan de uien moet de carvonconcentratie ongeveer 20 µg/l lucht zijn. Er moet rekening mee worden gehouden dat de schade in het algemeen toeneemt als de uien langer aan de carvon worden blootgesteld.

Indringing

Voor een verhoogde indringing van carvon is een hoge relatieve luchtvochtigheid bevorderlijk. De vochtigheid van de uien zelf, na de oogst, heeft geen invloed op de effecten van carvon.

Gunstige neveneffecten van carvon

Carvon werkt sterk remmend op de wortelgroei, en op de schimmelgroei. Geremd worden o.a. *Penicillium*, *Fusarium* en *Botrytis*.

C. Kwaliteit van de bolhuid

Verwering

Bij het isoleren van schimmels werd in verreweg de meeste gevallen *Penicillium* aangetroffen, een niet-pathogene schimmel. Bij het terugtellen van de schimmels gaf *Penicillium* geen verweerde vlekken te zien, en is dus waarschijnlijk niet de veroorzaker van verwering. *Botrytis* was wel in staat om de huid te laten verkleuren, maar is niet de veroorzaker van verwering in het algemeen. Druk op de huid in combinatie met vocht veroorzaakte in een aantal gevallen donkere vlekken op de huid. De oorzaak van verwering ligt dus waarschijnlijk voor een groot deel hierin.

Watervellen

Anatomisch zien watervellen eruit als een tussenstadium tussen rok en huid. Het induceren van watervellen (of iets wat er uiterlijk sterk op lijkt) is mogelijk door rokken los te halen van de bolbodem, en vervolgens te bewaren bij ca 20°C. Hierdoor worden ze bruin en glazig, en na verloop van tijd worden het dikke, taaie huiden. De mogelijke oorzaak voor het ontstaan van watervellen is een groeiverstoring (bv. door beschadiging van de bolbodem). Daardoor kunnen de suikers niet meer uit de rokken worden getransporteerd, en blijven deze dus water vast houden ook al verlopen de andere processen van huidvorming al wel.

CONCLUSIES

1. De scheut van de ui wordt kort na de oogst aangelegd (bij de onderzochte cultivars). Deze begint direct, lineair, te groeien als de uien bij 16°C worden bewaard. Er is geen echte rustperiode.
2. Er is een samenhang tussen de suikergehaltes en de groei van de scheut. Dit is echter geen oorzakelijk verband, want de suikers zijn niet beperkend voor de scheutgroei.
3. Lange dagen werken vertragend op de scheutaanleg en groei ten opzichte van korte dagen.
4. De uítwendige groei van de scheut kan goed worden geremd met behulp van etherische oliën, met name carvon. Echter de indringing is niet hoog genoeg om ook een sterke remming van de ínwendige scheutgroei te kunnen realiseren.
5. De indringing van carvon in de uien kon niet voldoende worden verhoogd om een goede remming van de inwendige scheut te bewerkstelligen.
6. Gunstige neveneffecten van carvon zijn: het remmen van de wortelgroei en het remmen van schimmelgroei (o.a. Botrytis, Fusarium en Penicillium).
7. Er konden geen specifieke schimmels worden geïsoleerd die na terug-enten op de huid van uien verweerde vlekken tot gevolg hadden. Wel bleek druk op de huid (van bv. de bodem, of andere uien) tot donkere vlekken te leiden. Waarschijnlijk is een combinatie van druk met enkele algemeen voorkomende schimmels (bv Penicillium) de oorzaak voor verweerde vlekken.
8. De oorzaak van het ontstaan van watervellen is niet achterhaald. Wel zijn er aanwijzingen dat verstoringen/beschadigingen in de bolbodem of onderzijde van de rokken het ontstaan van watervellen stimuleren. De hypothese hierbij is dat de suikers zich in de rokken ophopen, en daardoor het water vast houden, terwijl verouderingsprocessen (verbruining) wel door gaan. Hierdoor ontstaat een glazige, bruine rok: watervel.

De invloed van daglengte op de aanleg en groei van de scheut tijdens bewaring biedt goede perspectieven. Daarom zijn contacten gelegd met het bedrijfsleven voor vervolgonderzoek op dit gebied.

VOORTGANGSVERSLAG UIENONDERZOEK 1994

Projectnummer	: 01.06.11
Projecttitel	: Effecten van waterpotentiaal, temperatuur en gassamenstelling op bewaring en kwaliteit van uien.
Projectleider	: Ing. P.S. Hak
Overige medewerkers	: G.J. Kristiaan
Datum verslag	: maart 1995

INLEIDING/DOELSTLLING

Het doel van dit onderzoek is vast te stellen wat de meest optimale condities zijn voor beheersing van de kwaliteit van uien in de na-oogst fase. Vervolgens na te gaan hoe deze in atmosferische systemen met buitenluchtkoeling, al of niet in combinatie met mechanische koeling, zijn te realiseren. Daarnaast na te gaan of met CA-bewaring nog een extra dimensie aan met name de beheersing van de spruiting kan worden toegevoegd.

A. Effecten van waterpotentiaal en temperatuur op bewaring en kwaliteit van uien

Voortgang in seizoen 1993/1994

In een zestal proefcellen op het ATO-DLO zijn monsters van twee verschillende uienrassen bewaard onder verschillende temperatuur- en dampspanningscondities. Met het oog op de invloed van de bewaarcondities op de spruitlust werden de voor het onderzoek gebruikte uien niet behandeld met een spruitremmingsmiddel.

Het produkt werd geoogst op 31 augustus 1993 en daarna eerst gedroogd bij 30°C. De nagestreefde bewaartemperaturen waren 0, 2 en 6°C. Dit zijn temperaturen die liggen rond het optimum uit het voorgaande onderzoek, waarbij 0°C als uiterste ondergrens, 2°C als optimum en 6°C als bovengrens (die nog met buitenluchtkoeling is te realiseren) zijn te karakteriseren. Uitgaande van een interne evenwicht dampspanning in de ui van ca. 98% RV werden bij genoemde temperaturen dampdrukverschillen van 100, 150 en 200 Pa. nagestreefd. Ook de nagestreefde dampdrukverschillen liggen rond het in het voorgaande onderzoek gevonden optimum.

Tijdens het bewaar seizoen zijn periodiek metingen uitgevoerd om het kwaliteitsverloop te kunnen volgen.

Resultaten

De resultaten van seizoen 1993/1994 stemmen goed overeen met die van voorgaande seizoenen en kunnen als volgt worden samengevat:

Kleur

De (grond)kleur van uien wordt in hoofdzaak bepaald door de bewaartemperatuur en bewaarduur. Daarnaast heeft de vochtigheid van het bewaarklimaat ook enige invloed. Naarmate de bewaartemperatuur lager is en het dampspanningsverschil groter blijft een natuurlijke geel/bruine kleur gehandhaafd tot in mei. Bewaartemperaturen van 2°C en lager met dampspanningsverschillen van ≥ 150 Pa. gaven de beste resultaten.

Verwerking

Het ontstaan/uitbreiding van verwerking (voornamelijk schimmelaantasting) tijdens de bewaring wordt in hoofdzaak bepaald door het dampspanningsverschil. Kleine dampspanningsverschillen (vochtige omstandigheden) leiden tot schimmelgroei. Dit effect wordt nog versterkt door temperatuur. Vochtige bewaarcondities in combinatie met hogere temperaturen leiden tot meer verwerking.

Bij dampspanningsverschillen van ≥ 150 Pa. trad geen toename van verwerking op bij bewaartemperaturen van 0 t/m 6°C.

Optreden van rot en schimmelgroei

De ontwikkeling van rot en schimmelgroei is temperatuur en met name vochtafhankelijk. Bij handhaving van een voldoende droog bewaarklimaat kan dit worden voorkomen. Bij bewaartemperaturen van 0 t/m 6°C in combinatie met een dampspanningsverschil van > 100 Pa. trad geen rot en schimmelgroei op.

Wortelgroei

Het ontstaan van nieuwe worteltjes wordt beïnvloed door temperatuur en vochtigheid. Vochtige bewaring (kleine dampspanningsverschillen) bevordert beworteling. Dampspanningsverschillen > 100 Pa. (drogere bewaring) hebben een remmende werking. De optimale temperatuur voor wortelontwikkeling ligt tussen 3 en 5°C, een traject waarin de spruitgroei wordt geremd.

Inwendige spruitgroei

Inwendige spruitgroei wordt voornamelijk bevorderd door temperatuur. Het optimum ligt rond 16°C. Het dampspanningsverschil (de vochtigheid van de bewaaratmosfeer) speelt een ondergeschikte rol bij de ontwikkeling van inwendige spruitgroei. Indirect speelt de vochtigheid van het bewaarklimaat wel een rol.

Interactie wortelvorming en inwendige spruitvorming

Worteluitloop en spruitvorming zijn sterk gecorreleerd. Wortelvorming gaat vrijwel altijd vooraf aan inwendige spruiting. Als uien wortelgroei gaan vertonen gaan ze vrijwel zeker ook inwendige spruitgroei vertonen.

Uitwendige spruitgroei

Uitwendige spruitgroei wordt het meest bevorderd door hogere bewaartemperaturen. Vochtige bewaaromstandigheden hebben een positief effect op het tot ontwikkeling komen van uitwendige spruiten. Bij bewaartemperaturen van 0 t/m 6°C in combinatie met

dampspanningsverschillen van > 100 Pa. trad vrijwel geen uitwendige spruitvorming op.

Ontstaan van 'kaal' in bewaring

Het ontstaan van 'kaal' in bewaring wordt in de hand gewerkt door inwendige spruitgroei en wortelgroei (uitstulpen basaalplaat). Door de vormveranderingen die als gevolg hiervan optreden komen de droge huiden onder spanning te staan en ontstaan hierin scheurtjes. Bij een daaropvolgende handling wordt het e.e.a. meer geaccentueerd.

Gewichtsverliezen

Vochtverlies is de voornaamste oorzaak van gewichtsverlies bij uien tijdens de bewaring. De buitenste droge rokken beschermen de ui als een omhullend vlies tegen veel vochtverlies. Het grootste deel van de transpiratie vindt plaats via de hals. Zolang geen verregaande inwendige spruiting plaats vindt en uitwendige spruiting achterwege blijft heeft de bewaartemperatuur in het traject van 0 tot 7°C weinig effect op de hoogte van de gewichtsverliezen. De droogte van het bewaarklimaat is wel van invloed. Grote dampspanningsverschillen van 200 Pa. en hoger leiden tot duidelijk hogere gewichtsverliezen.

Opmerkingen

Uit het onderzoek komt naar voren dat uien voor behoud van kwaliteit bewaard moeten worden bij een dampspanningsverschil van > 100 Pa. Naarmate de bewaartemperatuur op een lager niveau gehandhaafd kan worden kan de inwendige spruitgroei meer worden beperkt.

Bij bewaartemperaturen tussen 0 en 6°C zijn de kwaliteitsverschillen gering wanneer gestuurd wordt op dampspanningsverschillen tussen > 100 Pa. en ≤ 200 Pa. Dampspanningsverschillen van ≥ 200 Pa. leiden tot duidelijk hogere gewichtsverliezen.

De gevonden bandbreedte in dampspanningsverschil waarbinnen de kwaliteit gehandhaafd blijft maakt een praktisch toepasbare sturing op kwaliteit mogelijk.

Voor het praktisch handhaven van een klimaat voor sturing op kwaliteit moeten de gevonden parameters worden vertaald naar bekende grootheden. Dampspanning is een natuurkundige grootheid die kan worden berekend m.b.v. temperatuur en relatieve vochtigheid (RV). Deze zijn goed meetbaar. De RV moet alleen worden gebruikt om de dampspanning te berekenen, en niet om op te sturen. De relativiteit van de Relatieve Vochtigheid (RV) kan worden gedemonstreerd aan de hand van de volgende voorbeelden:

9°C bij een dampspanning van 150 Pascal komt overeen met ca. 86% RV

6°C bij een dampspanning van 150 Pascal komt overeen met ca. 80% RV

0°C bij een dampspanning van 150 Pascal komt overeen met ca. 65% RV

Hieruit blijkt dat de RV temperatuurafhankelijk is en geen absolute waarde vertegenwoordigd. Derhalve is de RV geen geschikte parameter om op te sturen. De dampdruk of dampspanning, en ook de absolute waterinhoud van de lucht, zijn wel absolute parameters. Door ervoor te zorgen dat de absolute waterinhoud van de buitenlucht (ventilatie lucht) lager is dan van de lucht in de cel kan het produkt uitwendig droog worden gehouden.

Voor een goede en effectieve bewaring met buitenluchtkoeling is goede meetapparatuur voor het meten van de temperatuur en RV in en buiten de bewaarplaats en omrekening daarvan naar de absolute waarden noodzakelijk. Doet men dit niet en wordt, zoals

gebruikelijk, alleen met buitenlucht geventileerd die lager in temperatuur en RV is in de bewaarplaats dan beperkt men zich in de ventilatiemogelijkheden en blijven veel geschikte ventilatiecondities onbenut.

Bij mechanische koeling ligt de situatie eenvoudiger. Hier kan de verdamper voor de nodige vochtonttrekking zorgen. Hiervoor moet het temperatuurverschil over het koelblok (verdamer) voldoende groot zijn ($> 5^{\circ}\text{C}$) om voldoende vocht te kunnen neerslaan. Door de gewenste dampdruk bij de gewenste bewaar temperatuur om te rekenen naar de daarmee corresponderende RV kan hierop de verwarming worden aangepast en geschakeld. Het principe is dan dat wanneer de verwarming aanslaat de temperatuur omhoog gaat. Hierdoor slaat de koeling aan, daardoor gaat de luchttemperatuur naar beneden en slaat het vocht neer (condensatie).

Tot slot kan nog worden opgemerkt dat **niet** met MH-behandelde uien bij handhaving van bewaartemperaturen van 0 tot 2°C en een dampspanningsverschil tussen 100 en 200 Pa. tot ca. begin maart in goede conditie kunnen worden gehouden. Om de kwaliteit van een dergelijk produkt ook in de handels/uitstalfase te kunnen handhaven zal de verpakking moeten worden aangepast. Uit bijlage 4 zal duidelijk worden dat hiervoor inmiddels mogelijkheden zijn ontwikkeld. Wil men tot verder in het voorjaar/voorzomer uien aan kunnen bieden die vrij zijn van residuen aan spuitremmingsmiddelen dan moet aan CA-bewaring worden gedacht (zie het hierna volgende onderzoek item).

B. Effecten van verschillende gassamenstellingen op de spruiting van uien

Toelichting

Eén van de kwaliteitsaspecten van uien is spruiting. Een kwaliteitsui moet vrij zijn van uitwendige spruiting, terwijl de lengte van de inwendige spruit op het tijdstip van verhandelen nog beperkt moet zijn. Voor de spruitremming bij uien wordt Maleïne Hydrazide gebruikt. Dit middel blokkeert de delingsactiviteit van het meristematische weefsel in de bol waardoor geen blad meer aangelegd wordt en geen scheut ontstaat. Het middel is persistent en ook blijft een residu in de bol achter. De bewustwording t.a.v. de werking en persistentie van chemische middelen bij gewasbescherming en spruitremming leidt in toenemende mate tot een kritische houding van zowel overheid als consument. In dit licht bezien is het zinvol om naar alternatieve mogelijkheden voor het beperken van in- en uitwendige spruitvorming bij uien te zoeken, waarbij geen blijvende residuen ontstaan. In deelproject 02.02.13 wordt via fundamenteel onderzoek getracht meer inzicht te krijgen in het spruitmechanisme om aanknopingspunten te vinden waarmee op het spruitgedrag van uien kan worden ingegrepen. Dit onderzoek lijkt resultaten op te gaan leveren waarmee het in de toekomst beter mogelijk wordt om rassen te ontwikkelen met een lange spruitrust.

Voor toepassing op korte termijn is de mogelijkheid van het gebruik van etherische oliën als spruitremmer onderzocht. Dit biedt geen perspectief. Door bewaring bij lage temperatuur en een dampspanningsdeficit tussen 100 en 200 Pascal kan zowel de celdelingsactiviteit als ook de strekking van de scheut worden vertraagd. Hiermee kan de spruitgroei in de bol tot ca. maart redelijk in de hand worden gehouden. Deze methode is echter niet toereikend voor de afzet van **niet** met MH behandelde uien in het vroege voorjaar en voorzomer, een periode met een vaak goede prijsvorming. Voor latere afzet lijken er meer mogelijkheden te liggen in bewaring onder gecontroleerde gassamenstellingen (CA-bewaring). CA-bewaring is weliswaar kostbaarder dan mechanische koeling en buitenlucht-koeling maar bij met name tuinbouwveilingen is er regelmatig CA-celruimte beschikbaar waarvan gebruik kan worden gemaakt. Door eigenaren van CA-bewaarruimten wordt het gebruik ervan voor andere doeleinden geëntameerd.

Voortgang in seizoen 1993/1994

In seizoen 1993/1994 zijn de experimenten met CA-bewaring van uien voortgezet. Hiervoor zijn uien gebruikt die **niet** met een spruitremmend middel waren behandeld. De uien zijn na de oogst (31 augustus '93) eerst gedroogd bij 30°C. Vanaf begin september werd met het bewaaronderzoek aangevangen. Dit werd opgesplitst in de volgende drie experimenten:

- Een deel van de uien werd van begin september tot begin juni constant onder CA-condities bewaard.
- Een deel van de uien werd aanvankelijk (begin september tot half januari) onder CA-condities bewaard en aansluitend daarop tot begin juni onder atmosferische omstandigheden bij 2°C.
- Een deel van de uien werd aanvankelijk (tot half januari) onder atmosferische condities bij 2°C bewaard en aansluitend daarop tot begin juni onder CA-condities.

De aangelegde bewaarcondities bij CA-bewaring waren: 0.5 % O₂, 1 % O₂, 2 % O₂ en 21 % O₂, alle gecombineerd met percentages CO₂ van < 0.5 %. De bewaartemperatuur werd op 2°C gehandhaafd. In tegenstelling tot voorgaande jaren werd ook een droger bewaarklimaat in de CA-containers nagestreefd.

Maandelijks werden monsters genomen die deels direct werden gecontroleerd op o.a. in- en uitwendige spruiting en wortelvorming en deels na drie weken nabewaren onder atmosferische condities bij 16°C (uitstalleven).

Resultaten

In de figuren 1, 2 en 3 zijn de resultaten, v.w.b. het optreden van inwendige spruiting, weergegeven van de varianten die werden bewaard bij respectievelijk 0.5, 1 en 2 % O₂. De open blokjes in de figuren geven per controle tijdstip de mate van inwendige spruiting weer aan het eind van de uitstalperiode. Per figuur zijn de resultaten samengevat van constante en tijdelijke bewaring onder de betreffende CA-condities.

Uit de figuren kan het volgende worden afgeleid:

Constance bewaring bij 0.5, 1 en 2 % O₂ geeft tot in juni een uitstekende spuitremming. Naarmate bij een lagere zuurstofconcentratie is bewaard treedt tijdens de uitstalperiode (handelsfase) minder toename aan inwendige spruiting op.

Bij CA-bewaring van begin september tot half januari, gevolgd door atmosferische nabewaring bij 2°C, wordt de inwendige spuitgroei bij de condities 0.5 en 1 % O₂ ook tot juni in voldoende mate geremd. Bij 2 % O₂ gaat dit op tot mei. Na tijdelijke CA-bewaring neemt de inwendige spuitgroei tijdens drie weken nabewaren bij 16°C eerder en meer toe dan na constant bewaren onder CA-condities.

Bij atmosferische bewaring bij 2°C tot half januari, gevolgd door CA-bewaring tot in juni geven de condities 0.5 en 1 % O₂ ook tot in juni een voldoende spuitremmend effect te zien. Bij 2 % O₂ blijft het effect acceptabel tot mei. Tijdens de atmosferische nabewaring bij 16°C neemt de inwendige spruiting al vroeg in het seizoen explosief toe.

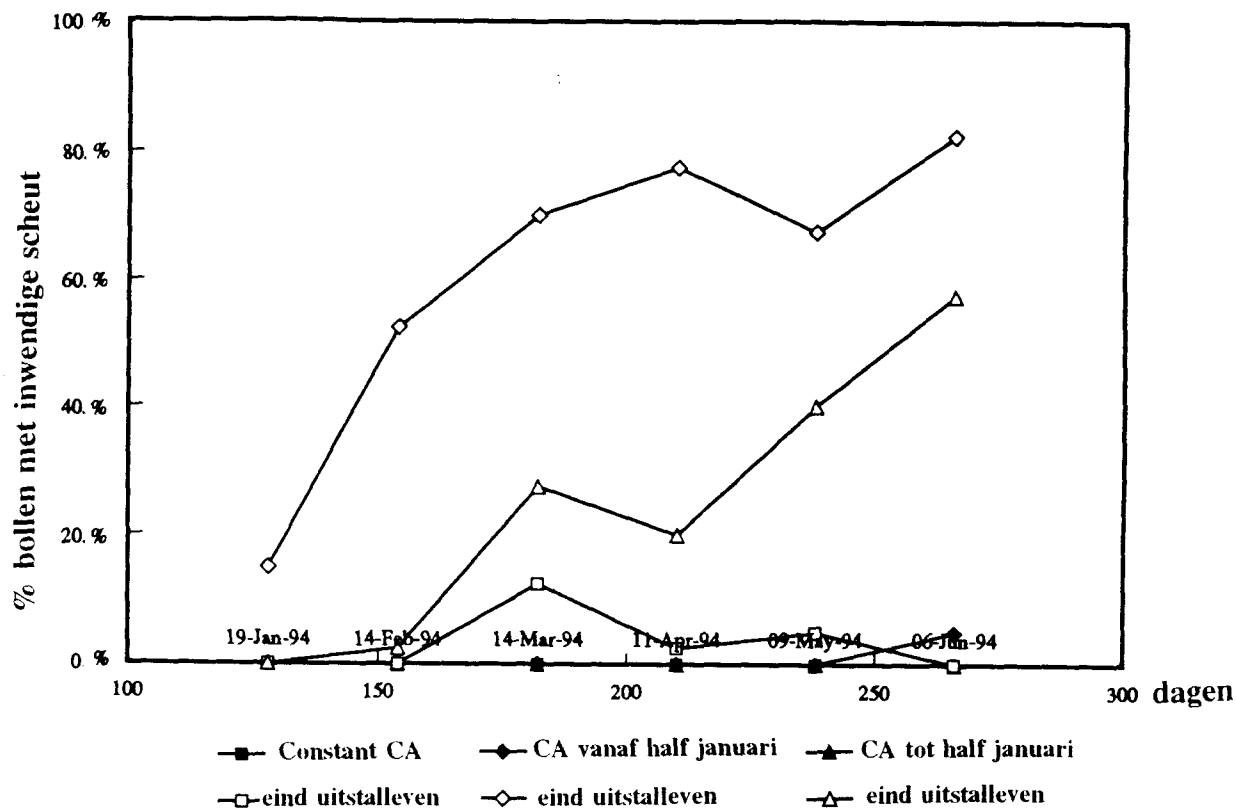
Naarmate de CA-bewaring vroeger in het seizoen aanvangt en langer wordt gehandhaafd blijft de inwendige spruitontwikkeling tijdens de uitstalperiode meer beperkt. De verklaring hiervoor is dat uiebollen nauwelijks 'in rust zijn', zie ook voortgangsverslag van project 02.02.13 op bijlage 2. Door bewaring onder sterk verlaagde zuurstofconcentraties worden alle processen die zuurstof vragen geremd, ook de processen die belangrijk zijn voor de scheutgroei (groeiprocessen vragen veel zuurstof).

Metingen t.a.v. de vorming van uitwendige worteltjes leverden het volgende op:

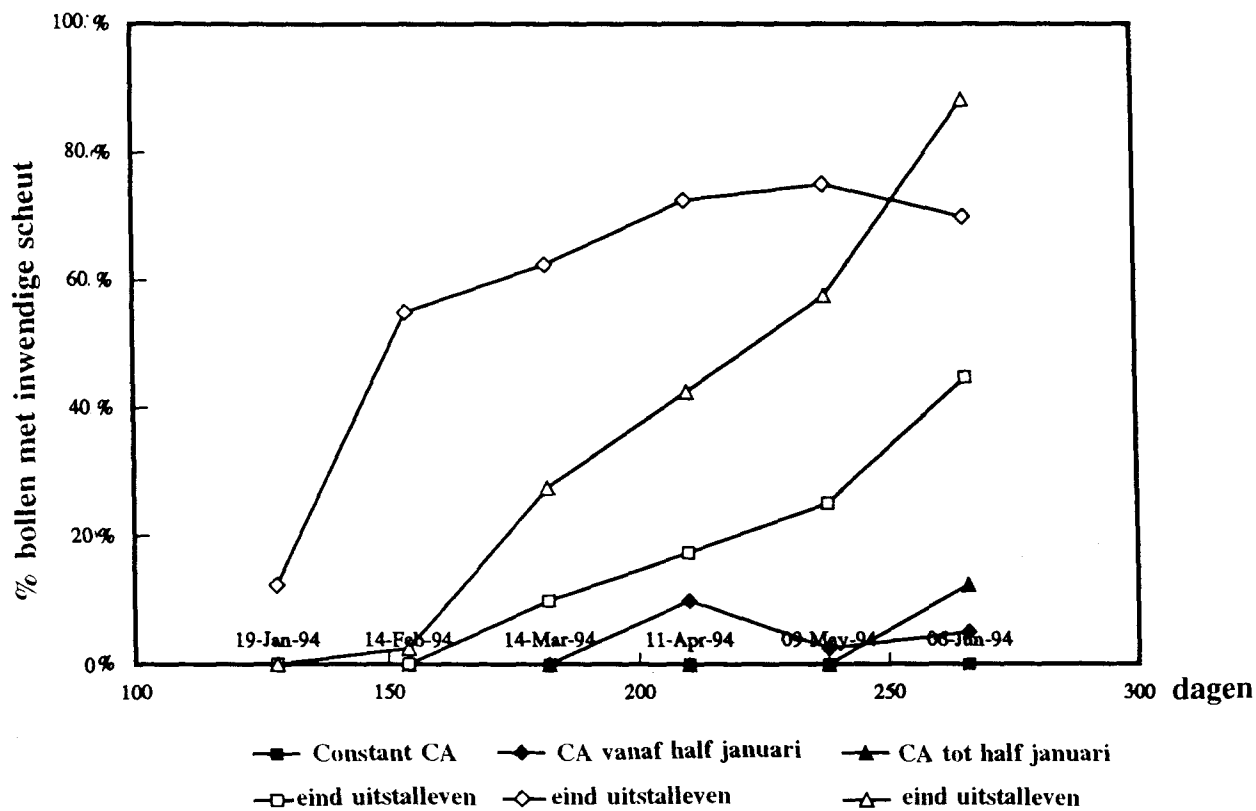
Constance Ca-bewaring bij zuurstofpercentages t/m 1 % remt het ontstaan van uitwendige wortelgroei uitstekend tot in juni. Ook na drie weken uitstalleven bij 16°C van de onder genoemde CA-condities bewaarde uien werden tot mei/juni vrijwel geen uitwendige wortels aangetroffen.

Bewaring onder CA-condities t/m 1 % O₂ van begin september tot half januari, gevolgd door atmosferische bewaring bij 2°C remt de uitwendige wortelgroei ook uitstekend tot

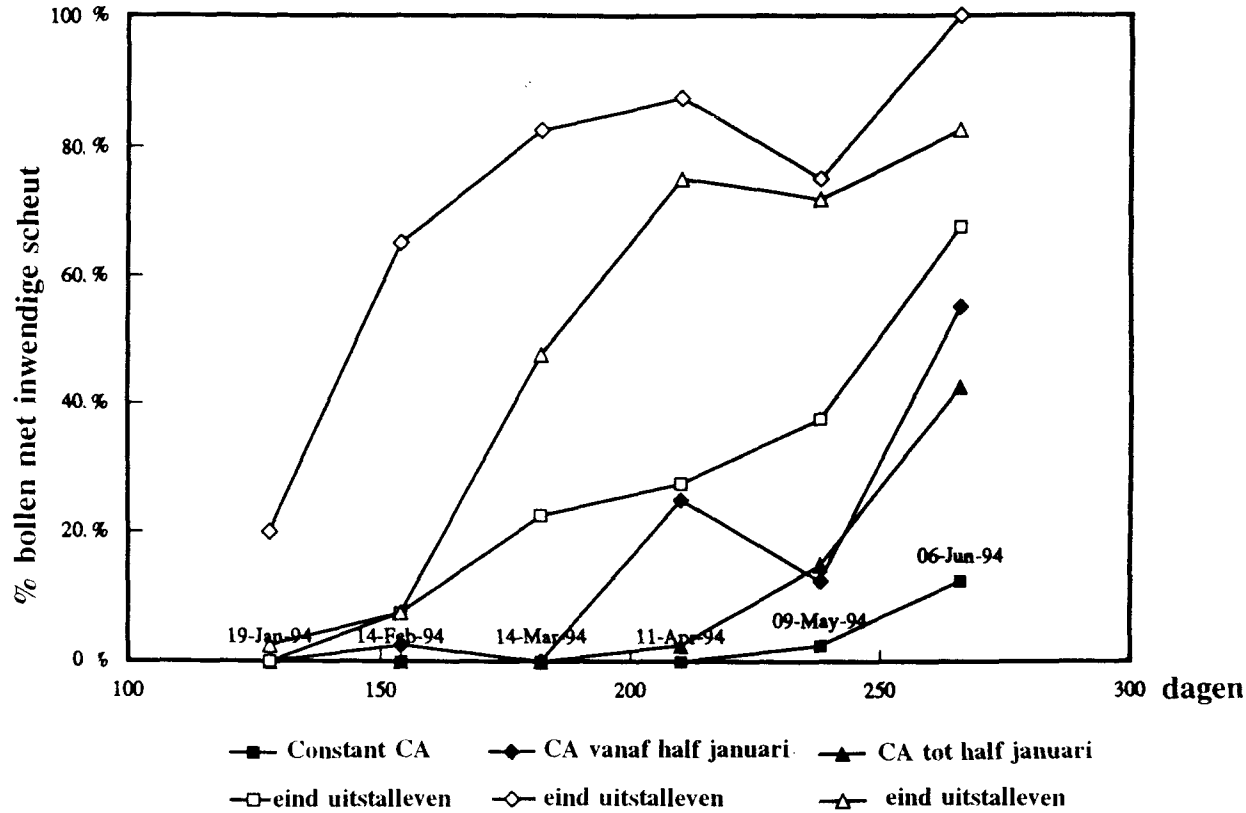
FIGUUR 1 Resultaten CA-varianten 0.5 % O₂ t.a.v. inwendige scheutgroei tot minstens halve bolhoogte



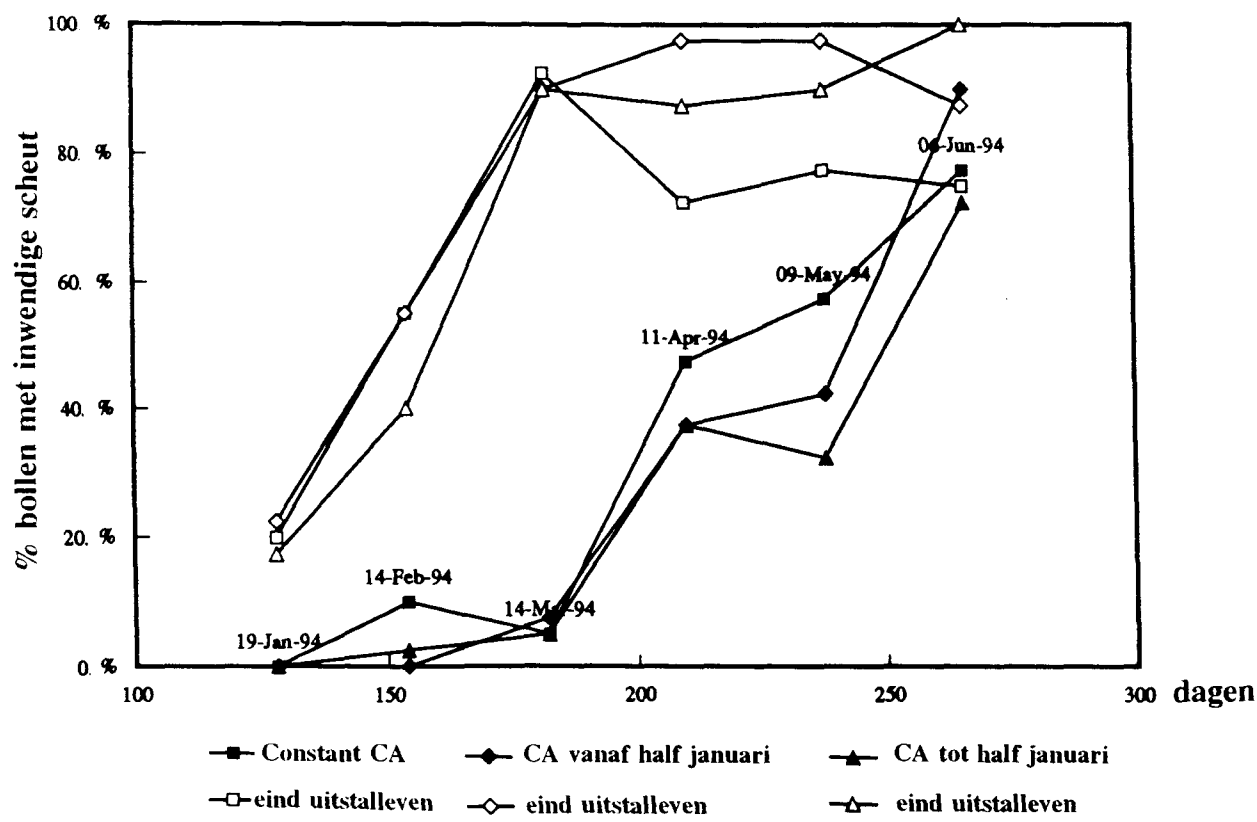
FIGUUR 2 Resultaten CA-varianten 1 % O₂ t.a.v. inwendige scheutgroei tot minstens halve bolhoogte



FIGUUR 3 Resultaten CA-varianten 2 % O₂ t.a.v. inwendige scheutgroei tot minstens halve bolhoogte



FIGUUR 4 Resultaten CA-varianten 21 % O₂ t.a.v. inwendige scheutgroei tot minstens halve bolhoogte



mei/juni. Tijdens de uitstalperiode bleef de uitwendige wortel groei tot ca. mei beperkt tot ca. 20% van de bollen.

In figuur 4 zijn de resultaten van CA-bewaring bij de conditie de conditie ca. 21 % O₂ (normale luchtsamenstelling) samengevat. Uit de resultaten kan worden afgeleid dat er vanaf ca. half maart een sterke toename van de inwendige spruiting gaat optreden bij alle varianten. Tijdens de uitstalperiode van drie weken bij 16°C stijgt het percentage bollen met inwendige spruit van ca. 20 % rond half januari snel naar ca. 60 % rond half februari en daarna naar ≥ 80 % rond half maart.

Na half januari trad ook een forse toename aan uitwendige beworteling op. Rond half februari werd al op ca. ≥ 60 % van de bollen uitwendige beworteling aangetroffen.

Samenvattend kan worden gesteld dat met constante en tijdelijke CA-bewaring bij lage zuurstofconcentraties de in- en uitwendige spruitgroei, alsmede de vorming van nieuwe wortels tot in juni in voldoende mate kan worden geremd. Om ook de kwaliteit van een dergelijk produkt in de handelsfase te kunnen handhaven dient speciale aandacht aan de verpakking te worden besteed. Uit het verpakkingsonderzoek, zie bijlage 4, zijn hiervoor zeer interessante opties verkregen. In feite zijn hierdoor de mogelijkheden geschapen om tot het eind van het uienseizoen uien te kunnen aanbieden die niet met MH zijn behandeld, waardoor een geheel nieuw marktsegment kan worden bediend.

SAMENVATTING RESULTATEN 1991 TOT 1995

A. Effecten van waterpotentiaal en temperatuur op bewaring en kwaliteit

In voorgaand onderzoek zijn de mogelijkheden voor bewaring van uien bij buitenluchtkoeling geoptimaliseerd. In de periode 1991 tot 1995 is het onderzoek geconcentreerd geweest op het uitzoeken van de meest ideale condities m.b.t. temperatuur en vochtigheid voor een goede beheersing van de kwaliteit van uien in de na-oogstfase voor meer geavanceerde bewaarsystemen. Hierbij is rekening gehouden met de verwachting dat het gebruik van MH in de toekomst meer en meer onder druk zal komen te staan. Daarom zijn voor het onderhavige onderzoek steeds **niet met MH** bespoten uien gebruikt om het effect van de bewaarcondities op de spruitlust goed te kunnen traceren.

Begonnen werd met een brede range aan bewaartemperaturen (2 tot 16°C) in combinatie met een breed scala aan dampspanningsverschillen (50 tot 250 Pascal). Tevens werd de invloed van wisselingen in temperatuur en vochtigheid tijdens de bewaring bestudeerd. Van alle beproefde combinaties kwam de variant 2°C en 150 Pa. als meest optimaal naar voren. Uit de experimenten met wisselingen van temperatuur en vochtigheid kwam naar voren dat vrij sterke schommelingen van het bewaarklimaat t.a.v. deze aspecten met het oog op verwerking, in- en uitwendige spruiting en het ontstaan van 'kaal' moeten worden voorkomen.

Vervolgens is geëxperimenteerd met bewaartemperaturen en dampspanningsverschillen rond het gevonden optimum om na te gaan wat de bandbreedte is waarbinnen de kwaliteit goed beheersbaar kan worden gehouden. Hieruit kon worden vastgesteld dat voor handhaving van een goede kwaliteit een dampspanningsverschil van tussen 100 en 200 Pa moet worden gehandhaafd. In deze bandbreedte kan in het temperatuurtraject van 0 tot

6°C een goede kwaliteit worden gehandhaafd. In het traject van 0 tot 2°C werd in de aangegeven bandbreedte van dampspanningsverschillen de beste beheersing van de spruiting gevonden.

B. Effect gassamenstelling bewaaratmosfeer op spruiting van uien

Na vooronderzoek zijn in de periode 1992 tot 1995 de mogelijkheden onderzocht van CA-bewaring onder lage zuurstof en koolzuur concentraties voor beheersing van de inwendige spruitgroei.

Gestart werd met de combinatie atmosferisch bewaren bij 2°C van oogst tot begin januari en aansluitend daarop CA-bewaring bij 2°C tot eind mei. Bij zuurstofpercentages t/m 1 % in combinatie met een lage CO₂ concentratie bleek dit in een uitstekende spruitremming te resulteren. Wanneer echter aldus bewaarde uien 3 à 4 weken werden nabewaard onder atmosferische condities bij 16°C (handelsfase) bleek een aanzienlijke toename aan inwendige spruiting op te treden.

Vervolgens zijn verschillende opties in het onderzoek betrokken: constant bewaren onder CA-condities en combinaties van mechanische koeling voorafgegaan of gevolgd door CA-bewaring. In de loop van dit onderzoek werd ook aandacht besteed aan het creëren van een drogere bewaaratmosfeer in de CA-bewaring. Het uiteindelijke resultaat van het geheel aan onderzoekinspanningen op dit terrein biedt veel perspectief.

Met constante CA-bewaring bij 2°C van september tot juni onder O₂ concentraties tot 2 % kan de inwendige spruitgroei en uitwendige beworteling tot in juni uitstekend worden geremd. Maar ook met een tijdelijke CA-bewaring bij O₂ concentraties tot 1 %, voorafgegaan of gevolgd door mechanische koeling bij 2 °C kan de inwendige spruitgroei tot in juni in voldoende mate worden geremd. Voor een goede beheersing van de wortelgroei moet bij tijdelijke CA-bewaring de voorkeur worden gegeven aan de combinatie: aanvankelijk CA-bewaring gevolgd door mechanische koeling.

Voor een goede beheersing van de inwendige spruitgroei in de handelsfase dient speciale aandacht aan de verpakking van een dergelijk produkt te worden besteed. Hiervoor zijn inmiddels opties ontwikkeld. In principe is het dus mogelijk het hele uienseizoen uien aan te bieden die vrij zijn van residuën van kiemremmingmiddelen.

Door een bedrijf worden inmiddels uien in CA bewaard.

CONCLUSIE

Voor meer geavanceerde bewaring van uien (mechanische koeling en CA-bewaring) zijn parameters ontwikkeld waarop kan worden gestuurd voor handhaving van een goede kwaliteit en een betere beheersing van de spruiting.

BIJLAGE 4

VOORTGANGSVERSLAG UIENONDERZOEK 1994

Projectnummer	:	07.02.31
Projecttitel	:	Verpakken van groenten en fruit (Verpakkingssystemen voor uien)
Projectleider	:	H.A.M. Boerrigter
Overige onderzoekers	:	G.J.P.M. van den Boogaard
Datum verslag	:	maart 1995

INLEIDING/DOELSTELLING

De presentatie van de Nederlandse ui in het detailhandelskanaal is zwak. Het is mogelijk om met consumentverpakkingen het imago te verbeteren. Als daarbij ook nog kwaliteitsvoordeel behaald wordt, is het zeer wel denkbaar dat dit zowel de prijs als de concurrentiepositie ten goede komt.

Eisen die aan een geschikte uienverpakking moeten worden gesteld zijn:

- verpakking dient bij voorkeur gesloten te zijn
- remming van wortel- en spruitgroei door de verpakking
- verpakking moet presenteerbaarheid versterken
- kosten mogen niet te hoog zijn
- verpakken op bestaande machines moet mogelijk zijn.

De atmosfeer in een gesloten verpakking verandert door de ademhalingsactiviteit van het verpakte produkt. Er wordt koolzuurgas en waterdamp gevormd; zuurstof wordt verbruikt. Door toepassing van semi-permeabele folies kunnen gascondities worden bereikt, die een gunstige uitwerking hebben op de kwaliteit. Deze verpakkingsvorm heet Modified Atmosphere verpakking (MA). MA voldoet aan alle hiervoor genoemde eisen. Een in de praktijk realiseerbare MA-verpakking voor uien is in principe dus mogelijk.

Het verdampen van slechts enkele grammen water door het produkt in een verpakking met een relatief klein luchtvolume is er de oorzaak van dat in een MA-verpakking de lucht binnen korte tijd met waterdamp verzadigd raakt. Uien vertonen bij dergelijke condities al snel schimmel en wortelgroei. Het belangrijkste probleem bij het toepassen van een MA-verpakking voor uien is het bereiken van een lage relatieve luchtvochtigheid (rv) in de verpakking.

Doelstelling van dit project is om een verpakkingsconcept voor uien te ontwikkelen, waarbij een integrale benadering wordt toegepast. Dat wil zeggen dat eerst werd nagegaan wat de beste klimaatcondities zijn voor uien in gesloten verpakkingen (O_2 , CO_2 en rv). Vervolgens werden modellen ontwikkeld om het rv-verloop in verpakkingen mathematisch te beschrijven. Deze modellen zijn daarna toegepast om de hoeveelheid vochtadsorptie te berekenen die in verpakkingen moet plaatsvinden om een gewenste rv te bereiken. Door middel van verpakkingsexperimenten waarbij gebruik gemaakt wordt van commercieel verkrijgbare, maar ook van experimentele materialen wordt getracht een nieuwe verpakkingsvorm voor onbehandelde uien te verkrijgen.

VOORTGANG/RESULTATEN IN 1994

Aan het einde van 1993 was op basis van experimenten duidelijk dat een MA-verpakking voor uien met vochtregulerende eigenschappen mogelijkheden bood voor praktische toepassing. Met name een nieuw ontwikkelde zogenaamde transpiratie-folie gaf veelbelovende resultaten. Een probleem was dat deze folie tot dan niet verkrijgbaar was op de Nederlandse markt en bovendien extreem duur was. Dit is in 1994 veranderd, zodat de beschikbaarheid en de prijs van dit materiaal

geen belemmering meer vormde.

In 1994 zijn verpakkingsexperimenten uitgevoerd met uien (ras Hysam) waarvan de dormancy was verbroken. De helft van de uien werd bovendien extra geactiveerd door een voorbehandeling van 14 dgn. bij 16°C. De diverse verpakkingsvormen werden vooraf doorgerekend met de beschikbare modellen voor vocht- en gascondities. De kwaliteit van de uien is drie keer gemeten nl. na 10, 21 en 36 dagen opslag bij 16°C en 80% rv.. In tegenstelling tot de resultaten van de experimenten uitgevoerd in '93 kon in deze experimenten wel worden aangetoond, dat de spruitgroei wordt geremd door toepassing van geschikte MA-verpakkingen.

De transpiratie-folie scoorde, net als in '93, het beste resultaat. De transpiratie-folie remt spruit- en wortelgroei en vertoont geen schimmel en rot. Dit geldt voor de totale opslagperiode. De transpiratie functie van de folie heeft als gevolg dat de uien in deze folie verpakt net zo veel vocht verliezen dan onverpakte uien. De gascondities in de verpakking zijn zeer afwijkend van normale luchtcondities. Deze zeer opmerkelijke materiaaleigenschappen passen precies op de eisen die het produkt stelt ten aanzien van de optimale klimaatcondities. Toepassing in de praktijk kan zonder risico worden overwogen. Ten opzichte van andere veel toegepaste en ook in dit onderzoek opgenomen folies: poly-ethyleen (pe), poly-vinyl chloride (pvc) en vooral poly-propyleen (opp)) valt op dat de transparantie minder is. De presentatie is daardoor minder fraai ten opzichte van genoemde folies. De transpiratie-folie is vooralsnog niet als rekwikkelfolie beschikbaar. Daarom kan deze folie alleen als plastic zakje worden toegepast.

Folies die in '94 zeer hoog scoorden voor wat betreft presenteerbaarheid (opp, pvc en pe) kunnen alleen toegepast worden, als in de verpakking voldoende vochtadsorbant worden geïncorporeerd. Afhankelijk van de eigenschappen van de adsorbant, de hoeveelheid verpakte uien en de maximale opslagduur van de verpakte uien kan op basis van de resultaten van deze experimenten, toegepast in de rekenmodellen, exact berekend worden, hoeveel adsorbant nodig is voor een uieverpakking.

Qua uitvoering valt te denken aan een schaal of bakje met een dubbele geperforeerde bodem met daarin adsorbant. Gevuld met uien en omwikkeld met een optimale rekwikkelfolie voor wat betreft transparantie, anticondens- en gaspermeatie-eigenschappen levert dit een bijzonder fraaie presentatie van uien op waarbij dan tevens de spruitgroei wordt geremd tijdens de veelal ongekoelde afzet van dit produkt.

SAMENVATTING RESULTATEN 1991 TOT 1995

In de periode van 1991 tot 1995 is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van MA-verpakkingen voor niet met MH-30 behandelde uien. Het uitgangspunt was dat onbehandelde uien, aangeboden in gesloten consumentverpakkingen zou kunnen leiden tot een verbeterde presentatie en meer kwaliteitsbehoud bij de afzet. Door uitsluitend uien van absolute topkwaliteit op deze manier te verpakken zou een exclusief en nieuw produkt kunnen worden gerealiseerd.

In '91 werd vastgesteld dat uien positief reageerden op MA-condities, althans bij 10°C en gedurende een opslagperiode van 4 weken. Met name verlaging van de zuurstofcondities had effect op de spruitgroei. De rv bleek van grote invloed op de schimmelvorming. Bij verzadigde dampspanning werd er ernstige aantasting gevonden. Van 3% CO₂ werd geen effect aangetoond. Aanbevolen optimale verpakkingscondities: 2% O₂, 5% CO₂ en 85% rv.

In '92 zijn bij geschilde uien de effecten van rv en enkele gascondities onderzocht. De opslagtemperatuur was 8°C en de bewaarduur 3 weken. De diverse behandelingen werden gerelateerd aan schimmelgroei en glazigheid van geschilde uien. Bij geschilde uien was er een sterk effect van CO₂ op schimmelgroei en op glazigheid. Rv en O₂ hadden geen effect op glazigheid en schimmelgroei. Fysiologisch bederf (glazigheid) bij geschilde uien wordt het beste geremd bij 2% O₂ in

combinatie met 6% CO₂.

In '93 is een Modified Humidity Packaging model ontwikkeld dat in staat is een beschrijving te geven van het verloop van de relatieve luchtvochtigheid in verpakkingen als daarin vochtadsorbanten worden opgenomen. Het model is gevalideerd met experimenten. Proeven met uien verpakt in een brede range aan folies voor wat betreft doorlaatbaarheidseigenschappen resulteerden in het inzicht, dat in verpakkingen met voldoende vochtadsorbant uien in principe 46 dagen houdbaar bleven bij 15°C en 75% rv. In alle geteste folies bleef de O₂-concentratie ruim boven de 10%. Vooral daardoor kon geen effect op remming van de spruitgroei worden aangetoond. Bovendien was het produkt nog dermate in rust dat in de onverpakte uien ook geen spruitgroei werd geconstateerd. Door gebruik te maken van een experimentele zogenaamde transpiratiefolie kon een goede MA-verpakking worden gemaakt, zonder dat er vochtadsorbanten toegevoegd hoefden te worden.

In '94 werd aangetoond dat een goede MA-verpakking inderdaad een remmende invloed heeft op de spruitgroei. Dit is mogelijk extra interessant voor toepassing bij vooraf onder CA-condities bewaarde en dus onbehandelde uien. Het versneld uitlopen na CA-bewaring kan dus met relatief eenvoudige verpakkingstechnieken tijdens de afzet worden tegengegaan dan wel worden geremd. Uien welke 36 dagen verpakt waren in inmiddels commercieel verkrijgbare transpiratiefolie vertoonden significante remming van de spruitgroei en geen schimmelvorming in de gesloten MA-verpakking. Een fraaiere presenteerbaarheid wordt met andere folies verkregen. Nadeel daarbij is de vrij grote hoeveelheid vochtadsorbant nodig om schimmelvorming te voorkomen en de geringere invloed van deze folies op de spruitgroei.

CONCLUSIE

Het positieve resultaat van dit project is dat direct voor de praktijk toepasbare verpakkingsconcepten zijn ontwikkeld.

Implementatie van de opgedane kennis in echte praktijkomstandigheden is een traject dat nog gevolgd moet worden en op onderdelen aangevuld met op praktijkomstandigheden gerichte experimenten. Hiervoor dient samenwerking met een bedrijf dat uien verpakt te worden opgestart.

Voor de verpakkingsindustrie ligt er de uitdaging om een betaalbaar bakje te ontwikkelen waarin een ruimte gevuld met vochtadsorbant is aangebracht. Een ander mogelijkheid is de helderheid van de veelbelovende transpiratiefolie te verbeteren.

Nader onderzocht moet worden of MA-verpakkingen kunnen worden toegepast bij uien die vooraf in CA-cellen opgeslagen zijn.

Een ander positief resultaat van dit project is dat een duidelijke onderzoekstrategie voor verpakkingen met verlaagde rv is ontwikkeld. Bij deze integrale aanpak werden produkteisen, modelvorming, materiaaleigenschappen en marketingoverwegingen eerst afzonderlijk bepaald. De verpakkingsexperimenten aan het eind van het onderzoektraject zijn doelgericht, daardoor beperkt in omvang en alle eerder opgedane kennis wordt daarbij benut. Met behulp van de gevalideerde gas- en vochtmodellen kunnen allerlei niet geteste verpakkingsvariaties worden doorgerekend.

VOORTGANGSVERSLAG UIENONDERZOEK 1994

Projectnummer	:	07.02.61
Projecttitel	:	CBA en de inwendige en uitwendige kwaliteit van uien
Projectleider	:	R.M.P.J. Willems
Overige onderzoekers	:	A.J.M. Timmermans, A.A. Hulzebosch, B.H. van Zwol en T. Borm
Datum verslag	:	februari 1995

INLEIDING/DOELSTELLING

De visuele uitwendige waarneming bepaalt voor een belangrijk gedeelte de kwaliteit van een partij uien. Computer Beeld Analyse is de best geschikte technologie om uitwendige kwaliteit te kunnen objectiveren en automatiseren. Bij de ui wordt de uitwendige kwaliteit vooral bepaald door de mate en omvang van de verwerking, de grootte van de ui, de grondkleur, vorm en de aanwezigheid van beschadiging (kaalheid). Doelstelling van het project is het ontwikkelen van een objectieve meetmethode om de uitwendige en zo mogelijk de inwendige kwaliteit van uien te kunnen vaststellen. Het onderzoek moet uiteindelijk leiden naar de ontwikkeling van een prototype sorteersysteem, die op uitwendige kwaliteit sorteert.

VOORTGANG/RESULTATEN IN 1994

Aan het einde van 1993 was het haalbaarheidsonderzoek naar de mogelijkheden om met behulp van cameratechnieken de uitwendige kwaliteit van uien te kunnen vaststellen, grotendeels afgerond. Hieruit kon geconcludeerd worden dat meting van de kwaliteit met een beeldanalyse systeem mogelijk is. Een aantal deelmodules waren ontwikkeld en getest om met name verwerking te kunnen meten. Om ook beschadiging en grondkleur te kunnen meten was uitbouw van het systeem van een monochroom naar een kleurencamera gewenst.

In 1994 zijn op basis van de haalbaarheidsstudie stappen gezet in de richting van een daadwerkelijke ontwikkeling van een in de praktijk toepasbaar sorteersysteem. Voor de ontwikkeling van een sorteersysteem is behalve een beeldanalyse onderdeel een mechanisch systeem nodig dat de uien verenkd, onder de camera transporteerd en vervolgens in verschillende klassen indeeld. Hiertoe is samenwerking gezocht met een mechanisatiebedrijf dat actief is in de uiensector. Dit heeft geresulteerd in een samenwerkingsovereenkomst tussen ATO-DLO en PROPAK. Een aantal systeemonderdelen zijn ontworpen en worden onafhankelijk van elkaar uitontwikkeld. Voor het cameragedeelte zijn de functionele eisen afgestemd op de overige onderdelen. Globaal zijn de functionele eisen als volgt:

- capaciteit van maximaal 30 uien per seconde (ca. 8 ton per uur);
- uien worden verenkd op drie parallele banen getransporteerd;
- de uien worden rondom gecontroleerd;
- kwaliteitsaspecten die worden meegenomen zijn grondkleur, verwerking, grootte en kaalheid.

Om grondkleur en kaalheid te kunnen meten wordt een kleurencamera toegepast. Gekozen is voor een zogenaamde kleuren line-scan camera, die slechts 1 horizontale lijn per opname inleest met een hoge resolutie van 4096 pixels. Het beeld wordt opgebouwd doordat de band met uien onder de camera doorbeweegt. Voor de verwerking van de informatie is een zeer speciale geavanceerde beeldbewerkingsmachine aangeschaft. Hierin is de hardware aanwezig om de dertig uien per seconde te kunnen verwerken.

Een speciale belichtingsopstelling is gebouwd om de drie parallelle lijnen met de line-scan camera te kunnen bekijken. Een spiegelconstructie wordt in eerste instantie toegepast om de uien rondom te kunnen bekijken. Nadeel van spiegelconstructies zijn de gevoeligheid voor vervuiling in stoffige omgevingen. Hiertoe zullen speciale voorzieningen worden getroffen. De oorspronkelijke algoritmen zijn aangepast en geïmplementeerd op het nieuwe hardwareplatform. De methode om verwerking te meten is direct overgenomen van de eerder ontwikkelde methode. Grondkleur wordt gebaseerd op de gemiddelde Rood en Groen-waarde van de ui. Kaalheid is een nieuw aspect wat nog niet eerder onderzocht was. Een Groen/Rood waarde blijkt een goede maat te zijn om kale uien van niet beschadigde uien te onderscheiden.

Een bottleneck bij de ontwikkeling van de complete sorteerlijn bleek de synchronisatie van sorteerband, uien, camera en uitwerpmechanisme te zijn. Vanwege de hoge snelheid van het systeem is een speciaal hardwarestelsel nodig dat alleen deze synchronisatie en afstemming verzorgt. Deze module is door ATO-DLO ontworpen, gebouwd en getest.

De basis is gelegd voor integratie van de deelmodulen. Het resultaat van een meting aan een ui bestaat uit een aantal getallen die de grootte van de ui, de mate van verwerking, het oppervlak van de verwerking, de grondkleur en de aanwezigheid van kaal aangeven. Op basis van deze meting moet de ui in een klasse ingedeeld worden. Het classificatiegedeelte wordt gebaseerd op een lerend systeem, waarbij aan de hand van voorbeelden vastgesteld wordt in welke klassen de uien worden ingedeeld. Een statistische of neurale netwerk techniek wordt gebruikt om het systeem lerende eigenschappen te geven.

Het user-interface bepaald de communicatie tussen de gebruiker en de machine. Het is van belang dat dit zo gebruikersvriendelijk en eenvoudig mogelijk is. Alleen de noodzakelijke instellingen moeten hiermee uit te voeren zijn. Ook moeten verschillende test- en calibratiemodules beschikbaar zijn. Doelstelling van het samenwerkingsproject met Propak is om aan het einde van 1995 een eerste prototype beschikbaar te hebben dat op de gewenste capaciteit kan sorteren.

SAMENVATTING RESULTATEN 1991 TOT 1995

In de periode van 1991 tot 1995 is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om uitwendige en inwendige kwaliteit van uien te kunnen meten met behulp van computer beeld analyse. In 1991 is begonnen met de ontwikkeling van een objectieve maat om een van de belangrijkste uitwendige kwaliteitskenmerken van uien, de verwerking, objectief te kunnen meten. Een belichtingskast met uniforme belichting is ontwikkeld en diverse beeldbewerkingsmethoden zijn bedacht en geïmplementeerd die in principe geschikt leken om verwerking uit de beelden te bepalen. Uiteindelijk bleek een Max/Min filter de beste methode om verwerking te meten. Uit vergelijking met sensorische expertbeoordeling bleek een overeenstemming van ca. 85 % haalbaar, hetgeen voldoende is.

Voor verschillende jaren zijn gedurende het bewaar seizoen opnamen van uien gemaakt. Hierdoor kon de beoordeling van de uien op uitwendige kwaliteit overgenomen worden door de computer. Objectieve beoordeling van grondkleur en verwering was hierdoor mogelijk.

In 1992 is programmatuur ontwikkeld op basis van vormherkenningstechnieken om de vorm van uien te kunnen meten en de hals en wortel van de rest van de ui te kunnen onderscheiden. Hierdoor is een verbetering van de bepaling van de verwering mogelijk, omdat wortel- en staartdelen hierdoor niet meer als verwering worden gezien.

Om inwendige kwaliteitsaspecten van uien te kunnen bepalen is onderzoek gedaan naar de toepassingsmogelijkheden van een röntgencamerasysteem. Het bleek in tegenstelling tot bijvoorbeeld bloembollen erg moeilijk te zijn met röntgen voldoende contrast tussen de verschillende bolrokken zichtbaar te krijgen. Bij veel uien zaten de bolrokken te dicht op elkaar geschoven, zodat er nauwelijks een luchtlaag tussen aanwezig was.

Routines om verwering en grondkleur te meten zijn herhaaldelijk aangepast en verbeterd. In plaats van zwart/wit camera's is uiteindelijk ook een kleurencamera toegepast, waarmee de grondkleur beter beoordeeld kon worden. Kaalheid kan wel met een kleurencamera en niet met een zwart/wit camera worden waargenomen.

De resultaten van het onderzoek hebben uiteindelijk geresulteerd in een samenwerkings-overeenkomst met een mechanisatiebedrijf. Op basis van het onderzoek wordt een prototype sorteersysteem ontwikkeld dat volgens de planning aan het eind van 1995 gereed is. Het systeem zal een capaciteit van ca. 30 uien per seconde hebben en automatisch op grootte, grondkleur, verwering en kaalheid gaan sorteren.

CONCLUSIE

De doelstelling om in vier jaar uit te zoeken of computer beeld analyse geschikt is voor beoordeling van uitwendige kwaliteit kan met zeer positief resultaat worden afgesloten. Allereerst zijn de benodigde technieken ontwikkeld en zijn vergelijkende testen tussen produktexperts en de computer uitgevoerd. Het in het eerste jaar ontwikkelde systeem werd direct uitgetest als onderdeel van het bewaaronderzoek aan uien. In het laatste jaar van het project is in samenwerking met een mechanisatiebedrijf de stap gezet richting ontwikkeling van een snelle sorteerlijn voor uien. Hiermee komt de ontwikkelde technologie vanaf eind 1995 beschikbaar voor de praktijk.

VOORTGANGSVERSLAG UIENONDERZOEK 1994

Projectnummer	:04.02.01
Projecttitel	:Ontwikkeling van nieuwe methoden en producten voor de verwerking van uien
Projectleider	:Dr.Ir. P.V.Bartels
Overige medewerkers	:J.B. Weitkamp
Datum verslag	:februari 1995

INLEIDING/DOELSTELLING

Doel van het onderzoek vormt de vergroting van de afzet aan uien en verhoging van de toegevoegde waarde met behulp van nieuw te ontwikkelen producten, die in min of mindere mate bestaan uit uien. Voor deze producten zijn verscheidene nieuwe technologieën of combinaties daarvan nodig. De producten zijn vooral bedoeld voor de convenience markt, zoals garnering van pizza's, in snacks, of als snack.

VOORTGANG/RESULTATEN IN 1994

In vervolg op eerder onderzoek is in 1994 experimenten uitgevoerd om een uiensnack te maken met een goed acceptabele uiensmaak en laag in vet gehalte. De snack is uitstekend geschikt om 's avonds bij de borrel te eten en als basis voor of in combinatie met andere snacks. Het produkt is tevens vezelrijk, bevat minder calorieën en is daardoor gezonder. Door een juiste temperatuur behandeling en voorbewerking kan de smaak versterkt worden of juist tot acceptabele intensiteit worden verminderd.

Voorgesteld proces (zie schema):

De ui wordt gesneden tot ringen en vervolgens geblancheerd in een suikeroplossing. Met deze bewerking worden de enzymen geïnactiveerd en het watergehalte van de ui verlaagd.

Een tweede droogstap is met een microgolf-oven uitgevoerd om een ver ingedroogd produkt te krijgen met een goed uiterlijk en weinig krimp.

Als laatste stap is onder vacuüm gefrituurd om er een bros en knapperig goud-geel produkt van te maken met een laag oliegehalte (zie foto).

Een groot voordeel van de nieuwe produktiewijze is dat de ui-ringen ook na enkele uren op tafel toch knapperig blijven en ook in de mond minder slap worden in vergelijking met de huidige producten. Ook de kleur wordt niet snel te bruin, maar blijft goudgeel.

Het is mogelijk om zelfs een vet-vrij produkt te maken door volledig te drogen in de microgolf-oven. Het resultaat is wat betreft de smaak en uiterlijk wel anders.

Voor het hiervoor beschreven proces wordt octrooi aangevraagd en verscheidene bedrijven hebben hun interesse al getoond.

In het verlengde van het huidige onderzoek vormt het versterken van het gezonde imago van de ui vanwege de aanwezigheid van allicine en flavanolen een belangrijk onderzoek. Deze inhoudstoffen lijken een positieve werking te hebben bij het tegengaan van hart en vaatziekten en bij het voorkomen van kanker. Het verhogen van de concentraties in het verwerkt produkt en het optimaal benutten van deze inhoudstoffen geeft een verdere stimulans aan de verwerking. Hiervoor is binnen de kaderprogramma's van de EG een voorstel geschreven en ingediend.

Met enkele firma's wordt overlegd over de toepassing van de snacks in relatie tot andere grondstoffen, zoals groenten, champignons en bonen.

SCHEMA VERWERKING TOT GEFRITUURDE UIENSNACK

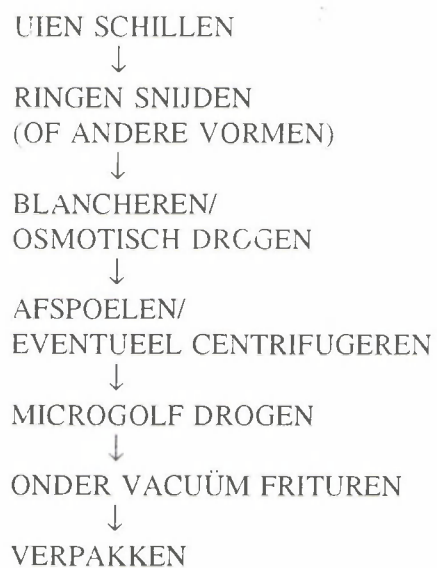
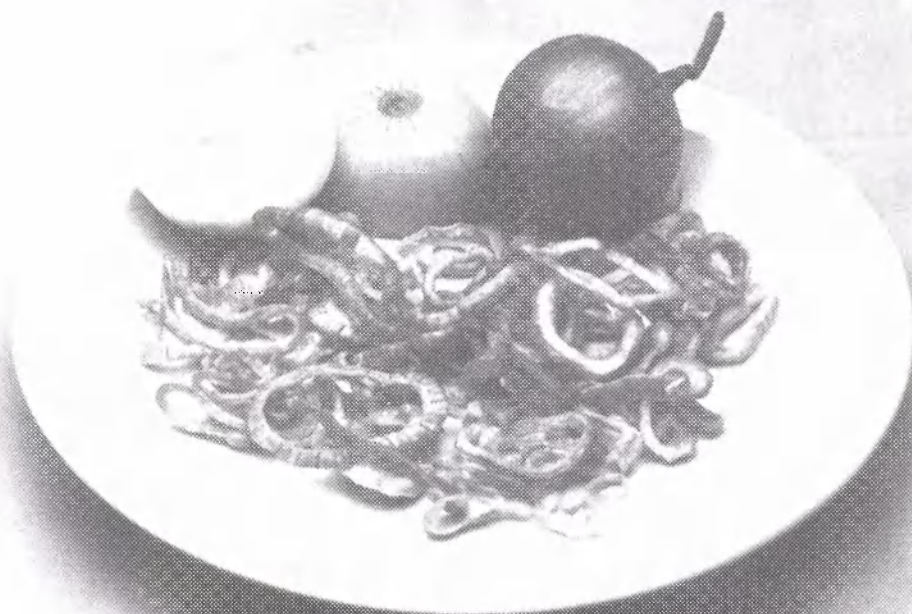


FOTO VAN ENKELE MOGELIJKHEDEN VAN GEFRITUURDE PRODUCTEN



SAMENVATTING VAN DE RESULTATEN 1991 TOT 1995

Processen

Het onderzoek in het ui-programma heeft zich gericht op de volgende verwerkingsfasen:

- blancheren (enzyminactivatie)
- coaten door bemeling of een batter
- drogen, zowel osmotisch dan wel met microgolven en lucht
- frituren onder vacuüm

Door blanchering worden enzymen geïnactiveerd en het suikergehalte verminderd. Samen met het bakken op een lage temperatuur geeft dit een lichtere goud-gele kleur omdat de maillard reactie minder effect heeft.

Met een coating wordt een barrière gelegd voor het vet en ontstaat een krokante laag, waardoor het produkt nog smakelijker wordt. Als coating zijn eiwit-of bloembeslag en meel geschikt.

Drogen vormt een essentiële stap om een laag vetgehalte te krijgen

Voordrogen met hete lucht vormt de eenvoudigste wijze tot vetvermindering in het gereed produkt maar geeft bij te ver doordrogen snel afwijkingen aan de textuur en kleur.

Met deze verwerkingswijze in varianten zijn verschillende soorten snacks geproduceerd, zowel enkelvoudig als ook samengesteld in combinatie met andere groenten.

enkelvoudige snacks

Een voorbeeld van een verwerkingswijze voor enkelvoudige produkten vormt het snijden van ringen van ca. 7.5 mm dik. Deze worden osmotisch gedroogd en vacuüm gefrituurd bij ongeveer 100°C gedurende 10 minuten.

Vetgehalte

De keuze van het uiteindelijk proces is bepalend voor het vetgehalte:

	oliegehalte van ui-produkten:
normaal frituren	: ca. 45 % olie
gecoat produkt	: ca. 35 % olie
na vacuüm frituren	: ca. 28 % olie
	69 % droge stof
	3 % vocht

Het is dus mogelijk om het vetgehalte op droge stof basis te halveren ten opzichte van een conventioneel proces. Dit vormt in deze tijd van healthy food een belangrijk resultaat.

Gecombineerde snacks

Bij de gecombineerde produkten kan tot ongeveer 15 % ui toegevoegd worden zonder dat de smaak overheersend wordt. Combinatie met aardappel, champignon of paprika geven een aantrekkelijke smaak. Deze gecombineerde "burgers" kunnen voorgebakken en diepgevroren verkocht worden en tevens voorzien worden van een paneerlaag.

VOORTGANGSVERSLAG UIENONDERZOEK 1994

Projectnummer	:	04.02.06
Projecttitel	:	Verbetering van de kwaliteit van gedroogde uien
Projectleider	:	ir. E. Toppinga/dr.ir. P.V. Bartels
Overige medewerkers	:	ir. P. Leij, ing. L. van Nielen
Datum verslag	:	maart 1995

INLEIDING/DOELSTELLING

Het doel van dit onderzoek is het ontwikkelen van een gecombineerde droogmethode, waarbij een goed rehydrateerbaar produkt ontstaat met een goede intrinsieke kwaliteit, wat betreft textuur, kleur en smaak. Er wordt gestreefd naar produkten met een hoge toegevoegde waarde, waarvan de bewerkingen zo goedkoop mogelijk moeten zijn.

Hete-lucht drogen heeft nadelige gevolgen voor het produkt:

- krimp van de weefselstructuur, waardoor het effectief beschikbare oppervlak voor stofoverdracht afneemt
- ontstaan van een droge, harde gekrompen laag aan de buitenzijde van het produkt als gevolg van een te snelle droging van de buitenste lagen en in verhouding daarmee een te langzame toelevering van vocht uit het binnenste van het produkt. De buitenste lagen worden door de korstvorming minder doorlaatbaar voor water en er zal een vertraging van het droogproces optreden

De krimp en korstvorming leiden, naast een verminderde stofoverdracht, tot een ongunstige verandering van structuur en textuur van het plantaardige produkt. Als gevolg hiervan levert het wederopnemen van water bij de bereiding van de gedroogde groente, de rehydratatie, vaak problemen op bij het conventioneel gedroogde produkt. Deze problemen manifesteren zich in een te geringe wateropname, een beperkt rehydratatievermogen, en een te lange tijdsduur voor wederopname van een acceptabel vochtgehalte, een beperkte rehydratatiesnelheid.

De beoogde kwaliteitsverbetering moet worden veroorzaakt door de volgende elektromagnetische geïnduceerde effecten:

- het gelijkmatiger drogen van het produkt door het egaliseren van de vocht- en temperatuurprofielen, waardoor de korstvorming geheel of gedeeltelijk wordt voorkomen
- selectieve volumetrische absorptie van de elektromagnetische energie veroorzaakt een interne verdamping, waardoor de interne waterdampspanning toeneemt. De drukopbouw kan de krimp verminderen en het volume poriën in het produkt stabiliseren. De drijvende kracht voor vochttransport en waterverdamping wordt groter, waardoor de droogsnelheid wordt vergroot.

Dit kan een verbeterde rehydratatie tot gevolg hebben en een geringere krimp. De kosten voor aanschaf van een micro-golf of radio-frequent installatie zijn hoog en e.m.e is relatief duur. De kosten kunnen alleen worden terugverdiend met een rendabel proces.

Naast de beoordeling van produktkwaliteit is een kwantitatieve bepaling van de droogsnelheid, energieverbruik en kosten van het proces onontbeerlijk. E.m.e is vooral rendabel in de laatste periode van het droogproces. Na drogen tot een bepaalde lage vochtigheid kost een verdere droging van een materiaal via conventionele middelen onevenredig veel energie (indringing via buitenkant) en neemt de droogtijd snel toe. De verwachting is dat e.m.e in een bepaalde periode van het droogproces zal moeten worden ingezet met een nauwkeurig bekende hoeveelheid energie. De verwachte voordelen zijn een vergroting van de droogsnelheid en een

over-all energetisch gunstig proces.

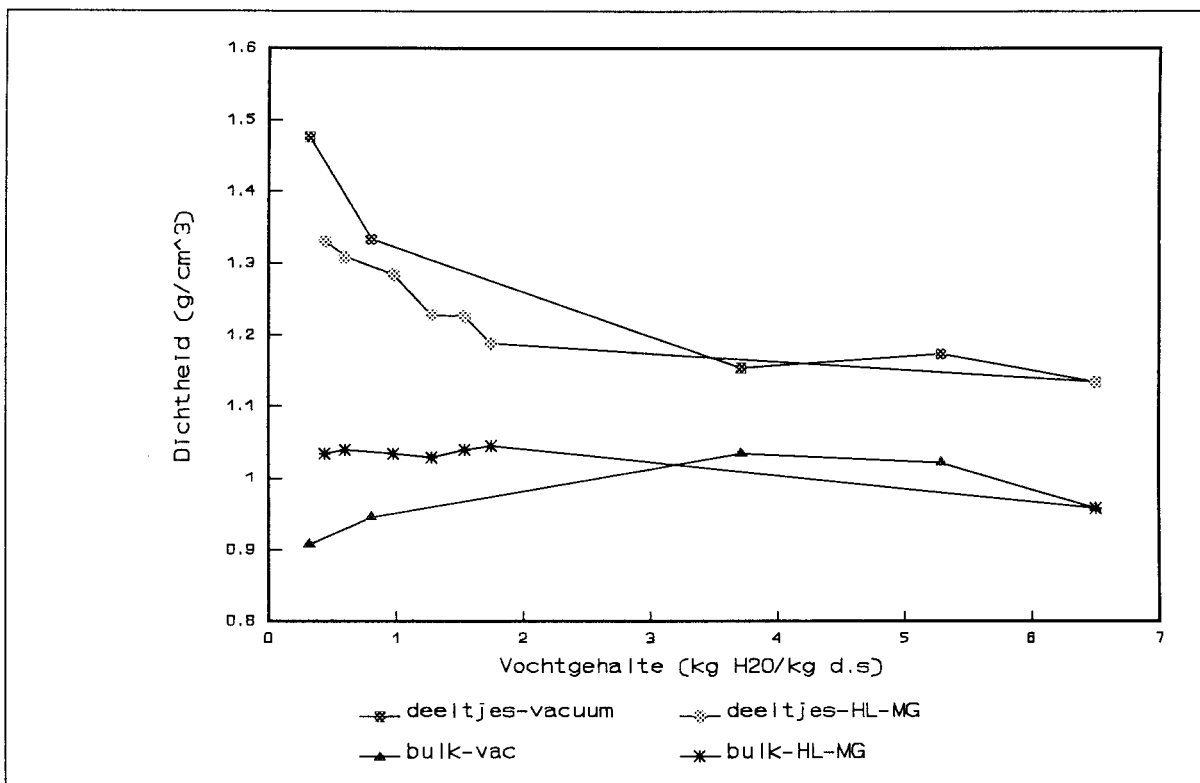
Gezien de kostprijs van de diverse plantaardige produkten is het gecombineerde droogproces alleen economisch levensvatbaar als naast de verbeterde produktkwaliteit (produkteis) het droogproces energetisch uitgebalanceerd plaatsvindt (proceseis).

VOORTGANG/RESULTATEN IN 1994

Kwaliteitsverbetering met behulp van elektromagnetische energie

Experimenteel bepaalde dichtheden van uien gedroogd met hete-lucht gevolgd door microgolven en gedroogd met microgolven onder vacuüm

Uien zijn in ringen gesneden van 6 mm dikte met een Hälde groente-snijmachine. Vervolgens zijn de uien gedroogd met twee verschillende technieken. In het ene geval zijn de uien gedroogd tot een vochtgehalte van ca. 2 kg H₂O/kg d.s met een Retsch hete-lucht droger, waarna het droogproces wordt vervolgd in de Berstorff-microgolfunit om de uien na te drogen tot een eindvochtgehalte van ca. 0,05 kg H₂O/kg d.s. De uien zijn bij dit lage vochtgehalte voldoende geconserveerd voor langdurige bewaring. De microgolven worden pas toegepast bij intermediaire vochtgehalten, omdat bij lagere vochtgehalten een verminderde krimp kan worden verwacht. Voor een droogproces bij een produkt als ui is het alleen nuttig om



figuur 1 Bulk- en deeltjesdichtheden van ui bij microgolf-vacuüm droogproces en hete-lucht gevolgd door microgolven

microgolven te gebruiken als de toegevoegde waarde van de ui sterk wordt verhoogd. Bij combinatie-drogen van microgolven en hete-lucht in de vorige onderzoeksperiode is waargenomen dat het produkt evenveel krimpt als drogen met hete-lucht zonder microgolven. Om de benodigde hoeveelheid microgolfenergie te beperken worden de uien alleen in het laatste droogregime gedroogd met microgolven. Een ander voordeel naast de genoemde verminderde krimp is de hogere thermische efficiency bij lagere vochtgehalten. Er is minder toegevoerd vermogen nodig om het resterende vocht te verwijderen.

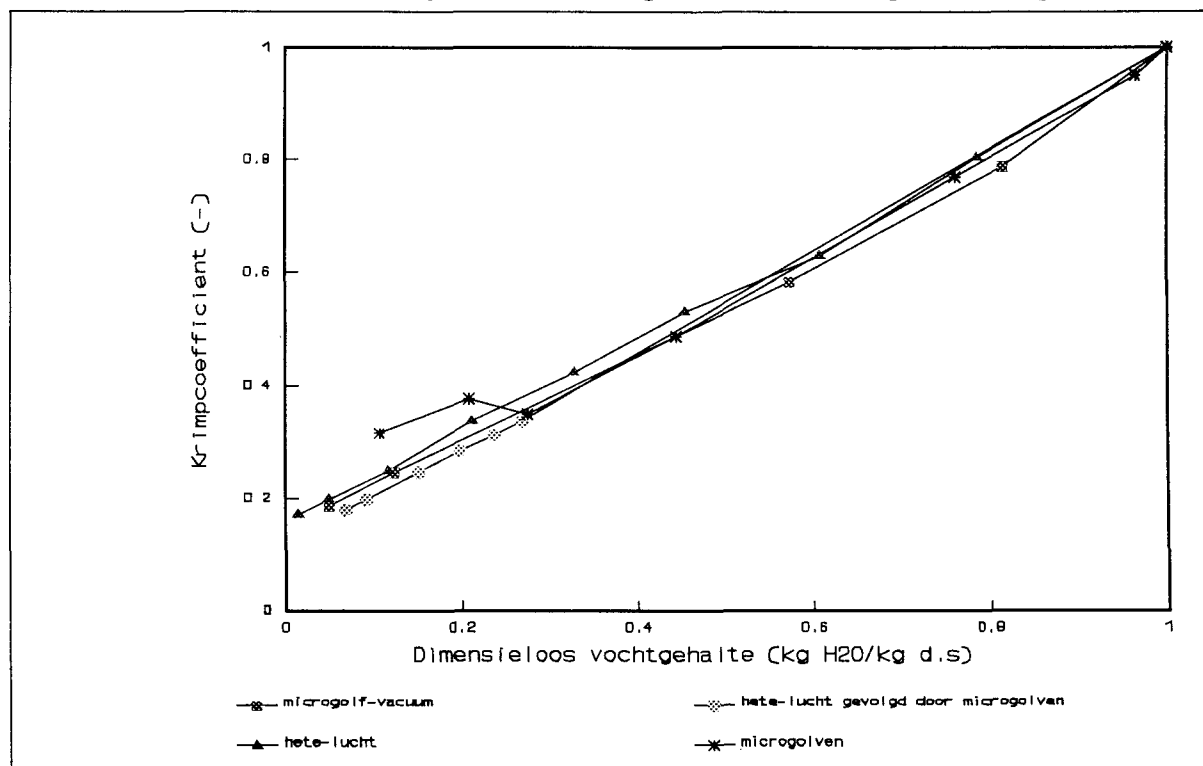
In het andere geval zijn de uien gedroogd met microgolven onder vacuüm. De uien nemen in dit geval maximaal een temperatuur van ca. 35 °C aan en vertonen nauwelijks

korstvorming, hetgeen gebeurt met hete-lucht drogen door het te snel drogen met hoge temperatuur van de buitenste lagen.

Het toegevoerde microgolfvermogen is ca. 550 W en 1/10 van het maximaal toe te voeren vermogen. Het toegevoerde vermogen is laag gehouden. Bij het microgolfnadrogen is het vochtgehalte van het produkt al zo laag dat het niet zinvol is om veel energie toe te voeren en bij microgolf-vacuüm drogen kan geen grote hoeveelheid microgolffenergie worden toegevoerd, omdat er dan teveel condens in de vacuümketel ontstaat, die niet snel genoeg kan worden afgevoerd. Het toepassen van andere vacuümregeling met een condensor geeft de mogelijkheid voor een grotere condensafvoer. De drooglucht heeft een temperatuur van 80°C. De dichtheden van de uien zijn bepaald om de krimp en de open-porie porositeit te beoordelen. De dichtheden zijn gegeven in figuur 1. De bulkdichtheid neemt toe, omdat het produkt krimpt. De deeltjesdichtheid blijft constant in het geval van hete-lucht drogen gevolgd door microgolven en neemt af bij microgolf-vacuüm drogen. De methodiek voor het meten van de dichtheden zijn beschreven in eerdere voortgangsverslagen.

Krimp van de ui

In figuur 2 zijn de krimpkaracteristieken van de verschillende droogmethoden weergegeven. Uit de figuur blijkt dat alleen bij een behandeling met alleen microgolven een pofeffect kan



figuur 2 Krimpgedrag van ui bij verschillende droogmethoden

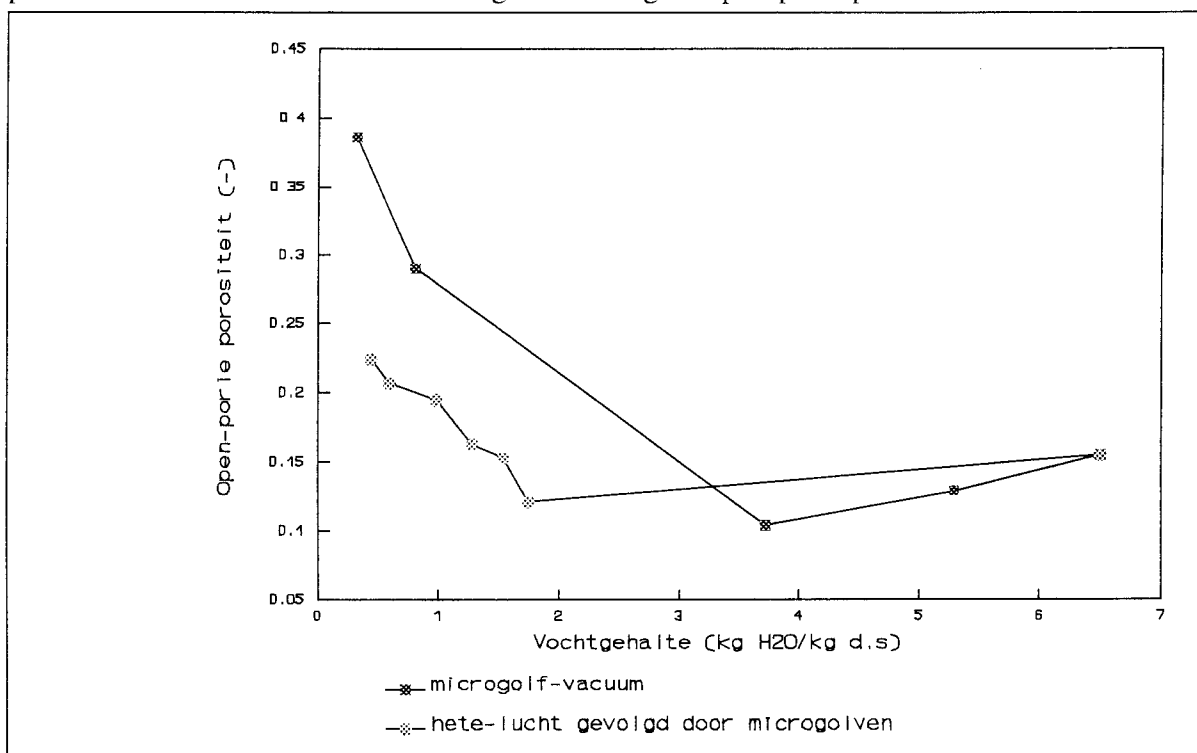
worden bereikt. Bij toepassing van hete-lucht verloopt de afname van het bulkvolume op een zelfde wijze voor de verschillende droogmethoden. De mechanische vervorming van het produkt door onttrekking van water aan het oppervlak heeft waarschijnlijk tot gevolg dat deze vervorming unidirectioneel is, maar dat een vervorming in tegengestelde richting niet meer mogelijk is. Het toepassen van vacuüm met microgolven heeft een hoge drijvende kracht tot gevolg waarbij al het vocht snel door de snijvlakken wordt verwijderd en de toename van

waterdampspanning in het produkt door microgolven geen positief effect op de krimp meer heeft.

Het toepassen van microgolven heeft louter een drijvende kracht van vocht naar het oppervlak toe. Bij lage vochtgehalten kan relatief veel energie worden gebruikt voor de verdamping en kan de waterdampspanning zodanig toenemen dat het produkt minder krimpt.

Open-porie porositeit van de ui

De open-porie porositeit is het volume poriën in verbinding met de omgeving per eenheid bulkvolume. Door het meten van de open-porie porositeit kan worden bepaald of een poreuzere structuur is ontstaan na drogen. Een hogere open-porie porositeit kan leiden tot een



figuur 3 Open-porie porositeit van de ui bij verschillende vochtgehalten

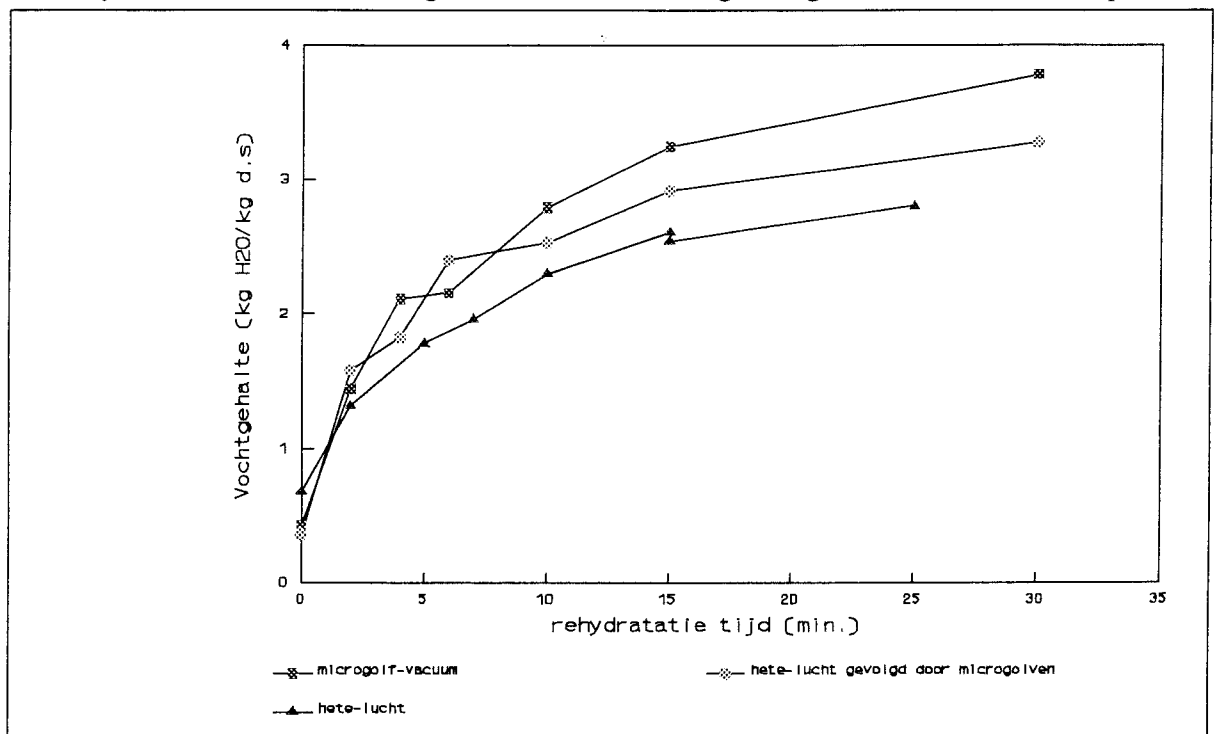
hoger rehydratievermogen, omdat het beschikbare rehydratievolume groter is.

In figuur 3 is het verloop van de open-porie porositeit uitgezet tegen het vochtgehalte. Het microgolf-vacuüm droogproces heeft een hogere open-porie porositeit bij lage vochtgehalten. Dit betekent in het algemeen dat de ui meer water op kan nemen.

Hete-lucht drogen gevolgd door microgolven geeft een toename in open-porie porositeit beneden 2 kg H₂O/kg d.s. Dit fenomeen werd ook waargenomen bij microgolf/hete-lucht combinatiedrogen (zie verslag vorige periode). Waarschijnlijk is het minder permeabel worden aan het oppervlak door hete-lucht drogen de oorzaak voor de abrupte toename in open-porie porositeit beneden dit vochtgehalte. Bij een te permeabel oppervlak wordt de diffusie van vocht te weinig gehinderd om een toename van het porie-volume te verkrijgen. Bij een oppervlak met een korst en minder permeabiliteit kan de waterdampspanning in het produkt aanzienlijk toenemen en kan een vergroting van porievolume plaatsvinden.

Rehydratie van de ui

De rehydratie van de uien is geobserveerd door de gedroogde uien onder te dompelen in



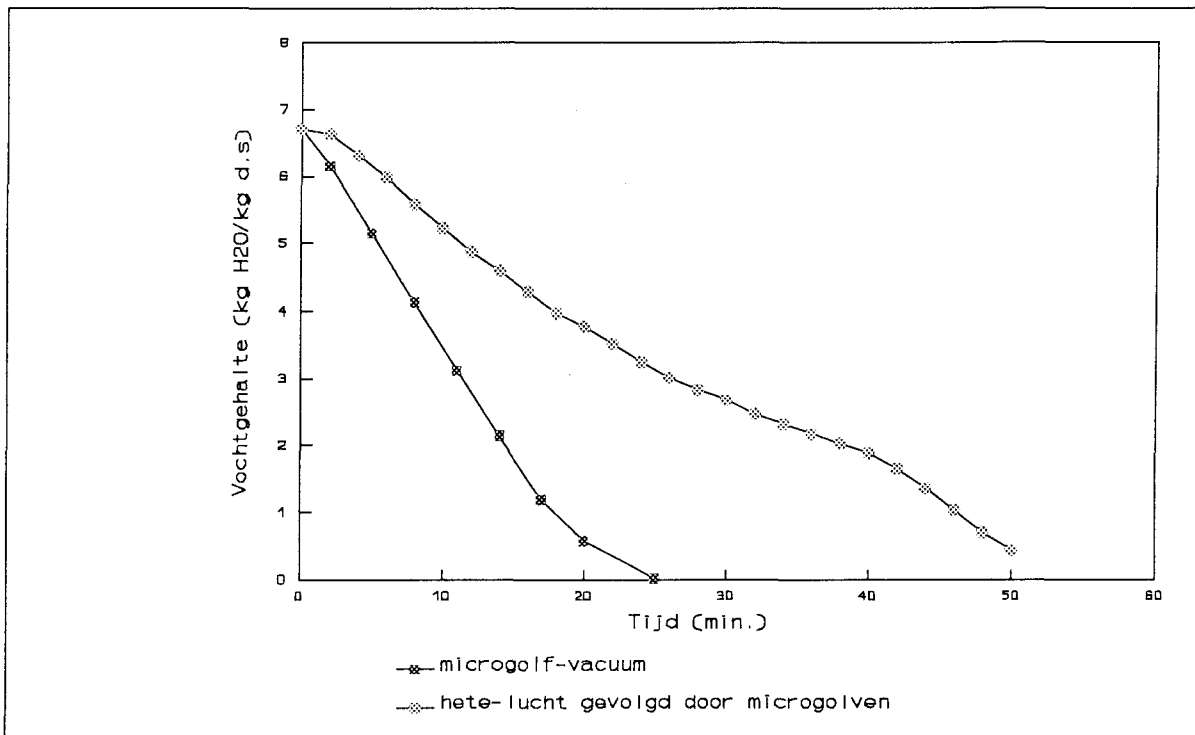
figuur 4 Rehydratie van de ui bij verschillende rehydratietijden (rehydratietemperatuur 80 °C)

water van 80°C. Zoals verwacht is het rehydratievermogen van microgolf-vacuüm gedroogde uien hoger dan de hete-lucht gedroogde uien gevolgd door microgolven, zie figuur 4. De hete-lucht gedroogde uien hebben het minste rehydratievermogen. De initiële rehydratiesnelheid is het grootst voor hete-lucht gedroogde uien gevolgd door microgolven. De waterabsorptie voor korte tijden is groter voor hete-lucht drogen gevolgd door microgolven. Dit is belangrijk voor een korte bereidingstijd.

Procesverbetering met behulp van electromagnetische energie

Droogcurven van de ui

In figuur 5 is de vochtafname in de tijd weergegeven voor microgolf-vacuüm drogen en hete-



figuur 5 Droogcurven van de ui van microgolf-vacuüm drogen en hete-lucht drogen gevolgd door microgolfdrogen

lucht drogen gevolgd door microgolven. Het vochtgehalte bij microgolf-vacuüm drogen neemt tot 10 minuten nagenoeg lineair af. Tot dit vochtgehalte is de interne diffusie niet limiterend voor de droogsnelheid. Beneden dit vochtgehalte kan het vocht niet snel genoeg worden aangevoerd van het centrum naar het oppervlak van het produkt en zal de droogsnelheid afnemen.

Hete-lucht drogen met een droogluchttemperatuur van 80 °C is uitgevoerd tot een droogtijd van 40 minuten. Op dit tijdstip wordt het kritische vochtgehalte van 2 kg H₂O/kg d.s bereikt en kunnen microgolven worden ingezet om de droogsnelheid te verhogen en het open-porie volume te vergroten.

SAMENVATTING RESULTATEN 1991 TOT 1995

Fasering van het onderzoek

1991

- ontwikkeling van methoden om rehydratatie, krimp en porositeit te bepalen
- roterende monsterhouder aanbrengen in cavity om produkt homogeen te kunnen verhitten in het inhomogene electromagnetisch veld
- aanpassen van de microgolf-unit voor gecombineerd microgolf-hete-lucht drogen
- rehydratiekarakteristieken van Marathon ui voor vriesdrogen en hete-lucht drogen bij lage rehydratatie-temperaturen

1992

- hete-lucht drogen van Marathon ui bij verschillende droogluchttemperaturen
- rehydratiekarakteristieken van Marathon ui bij verschillende rehydratatie-temperaturen
- porositeitsbepaling van gevriesdroogde en hete-lucht gedroogde uien
- droogcurven, bepaling droogsnelheid, droogtijd, droogperformance van *hete-lucht drogen* bij verschillende droogluchttemperaturen

1993

- aanpassing van de microgolfunit voor het gelijktijdig drogen met microgolven en hete-lucht
- droogcurven, bepaling droogsnelheid, droogtijd, droogperformance van *microgolfdrogen*
- krimp-karakteristieken ui bij hete-lucht drogen, microgolfdrogen en gecombineerd drogen
- porositeitsbepaling van hete-lucht gedroogde en gecombineerd microgolf/hete-lucht gedroogde ui
- rehydratie van hete-lucht gedroogde en gecombineerd microgolf/hete-lucht gedroogde ui
- droogcurven, bepaling droogsnelheid, droogtijd, droogperformance van *gecombineerd hete-lucht/microgolfdrogen*

1994

- droogcurven, bepaling droogsnelheid, droogtijd, droogperformance van *vacuüm-microgolfdrogen*
- hete-lucht drogen gevolgd door microgolf-einddrogen
- economische evaluatie van hete-lucht drogen, microgolfdrogen en gecombineerd drogen

Overzicht onderzoeksresultaten

- *hogere droogsnelheid, kortere droogtijd*
De absorptie van elektromagnetische energie kan een aanzienlijke vergroting van de

droogsnelheid veroorzaken vergeleken met convectieve droogtechnieken. Bij het drogen van uien kan afhankelijk van de belading en hoeveelheid toegevoerde energie een verkorting van de droogtijd worden bereikt tot een factor 10. In het algemeen is het gunstig om microgolven bij lage vochtgehalten toe te voeren, omdat het resterende vocht efficiënt met microgolven kan worden verwijderd. Uien is een product met een hoog beginvochtgehalte en door de hoge soortelijke warmte is veel energie nodig voor de opwarming. Het is gebleken dat in het begin van het droogproces de grootste tijdwinst kan worden behaald door microgolven toe te passen. De opwarmtijd is veel korter en de verdamping komt veel sneller op gang. Een korte droogtijd geeft in het algemeen mogelijkheden voor een grotere doorzet of kleinere dimensies van de unit.

○ *uniformer droogproces, geen steile gradienten in produkt*

De penetrerende werking van de microgolven biedt de mogelijkheid om de temperatuurprofielen tijdens het droogproces te beïnvloeden. Afhankelijk van de veldverdeling, de interferentie van microgolven in het produkt, de produktsamenstelling en -geometrie ontstaat een complex golfpatroon in het produkt. Een dergelijk golfpatroon heeft in het algemeen consequenties voor de verhitte van het produkt. Een voorbeeld van de vorming van een specifiek golfpatroon is de centrumverhitting van ronde en cilindervormige produkten van bepaalde afmetingen. De geometrie van het produkt veroorzaakt, net als bij een optische lens, een focusering van de elektromagnetische energie. Door microgolven tezamen met hete-lucht toe te passen kunnen steile vocht- en temperatuurgradienten worden voorkomen. Een uniform droogproces heeft een positieve invloed op de produktkwaliteit.

○ *verminderde krimp*

Hete-lucht drogen veroorzaakt een lineaire afname van het bulkvolume tijdens het droogproces. De interne verdamping door toepassing van microgolvenverhitting heeft een verhoging van de waterdampspanning tot gevolg. Dit expansie-effect voorkomt een excessieve krimp van het produkt. Microgolfdrogen geeft bij lage vochtgehalten een verminderde krimp. Een verminderde krimp heeft een groter stofuitwisselingsoppervlak tot gevolg en bij rehydratatie van de groente is een groter oppervlak beschikbaar voor de waterabsorptie.

Het bulkvolume van de microgolfgedroogde ui is bij eindvochtgehalte een factor 2 groter in vergelijking met hete-lucht drogen. Combinatieverhitting geeft hetzelfde krimpgedrag dan hete-lucht. De hete-lucht zorgt voor een snelle verdamping aan de snijvlakken van de ui, waardoor het produkt evenveel krimpt als een behandeling met alleen hete-lucht.

○ *hogere open-porie porositeit, verbeterde textuur*

De interne verdamping in de poriën voorkomt het dichtslaan van de poriën tijdens het droogproces. Door expansie-effecten kan het porievolume toenemen. Experimenten hebben uitgewezen dat het volume open-poriën, dat zijn poriën in verbinding met de omgeving, twee keer zo groot kan zijn bij het toepassen van microgolven in vergelijking met de conventionele procesvoering. Theoretisch betekent dit dat het produkt ook twee keer zoveel water kan opnemen, maar bij het rehydratatieproces slaan een hoeveelheid van de poriën dicht en zal de wateropname lager uitvallen.

- *verhoogde rehydratatie capaciteit en rehydratatiesnelheid*
Door een verminderde krimp en een groter beschikbaar porievolume voor rehydratatie kan het met behulp van microgolven gedroogde ui meer water opnemen na drogen. Ui gedroogd met een combinatie van hete-lucht en microgolven of microgolf-vacuüm heeft een grotere rehydratatie-capaciteit. Dit was ook de verwachting volgens experimenten ter bepaling van het open-porie volume. Zowel de hoeveelheid opgenomen water als de snelheid van opname was hoger voor het produkt gedroogd met microgolven en hete-lucht. Een snelle opname van water is belangrijk voor een korte bereidingstijd.
- *retentie van kleur tijdens het droogproces*
De snelheid van verhitten en kortere procestijd heeft een positieve invloed op de kleur van het eindprodukt. De combinatieverhitting voorkomt het overdrogen van de buitenste lagen. De kleur van het microgolfgedroogde produkt heeft volgens visuele waarneming een kleur die dichterbij ligt bij de kleur van het uitgangsprодукt. Hete-lucht drogen veroorzaakt kleurafwijkingen zoals bruinkleuring of het juist flets worden van het produkt.
- *energie besparing met gecombineerd hete-lucht/microgolf drogen*
Voor een realistische situatie is een economische evaluatie uitgevoerd voor een hete-lucht droogproces, microgolfdroogproces en een gecombineerd droogproces. Er zijn verschillende prijzen gehanteerd om het effect van een hoge aardgasprijs te beoordelen, zoals bijvoorbeeld in 1985 het geval was. De procesparameters voor een industrieel droogproces zijn afkomstig uit tabel 1.

tabel 1 Optimalisering van hete-lucht, microgolf en combinatiedroogproces

Procesparameters			
doorvoer (kg/h)	2000	M _e eindvochtgehalte (%)	4
werktijd (h/jaar)	3500	afschrijving apparaat (%/jaar)	30
M ₀ beginvochtgehalte (%)	90	arbeid (f/h)	80

tabel 2 Economische evaluatie van hete-lucht, microgolf en combinatiedroogproces bij verschillende prijsniveau's van de energiedrager

	hete-lucht	microgolven	combinatie (HL:MG=75:25)	hete-lucht	combinatie (HL:MG=75:25)
KOSTEN ELEKTRICITEIT	0,10 f/kWh			0,11 f/kWh	
KOSTEN AARDGAS	0,26 f/m ³			0,54 f/m ³	
vermogen nodig voor produkt (kW)	1245	1245	1245	1245	1245
efficiency (-)	0,36	0,6	0,5/0,6	0,36	0,5/0,6

	hete-lucht	microgolven	combinatie (HL:MG=75:25)	hete-lucht	combinatie (HL:MG=75:25)
KOSTEN ELEKTRICITEIT	0.10 f/kWh			0.11 f/kWh	
KOSTEN AARDGAS	0.26 f/m ³			0.54 f/m ³	
benodigd vermogen droger (kW)	3410	2075	2360	3410	2360
apparaatkosten (f/kW)	700	1500	700/1500	700	700/1500
investeringskosten (Mf)	2.4	3.1	2.1	2.4	2.1
afschrijving (kf/jaar)	715	935	620	715	620
energiekosten (kf/jaar)	315	800	355	660	560
arbeid & onderhoud (kf/jaar)	280	280	280	280	280
totale kosten (kf/jaar)	1315	2010	1255	1660	1460
totale kosten produktbasis (f/ton vers produkt)	188	285	179	235	208
energiekosten produktbasis (f/ton vers produkt)	45	114	50	94	79

Een verminderde krimp en verbeterde rehydratatie, alsmede een boost effect van microgolven op de droogsnelheid kan worden gerealiseerd als de laatste 25 % vocht met microgolven wordt verwijderd. In tabel 2 is een economische evaluatie van een hete-lucht, microgolf en combinatiedroogproces weergegeven. Het drogen met microgolven geeft zeer hoge energiekosten en totale kosten. Een hete-lucht droogproces is qua energiekosten alleen goedkoper dan een combinatiedroogproces bij een lage aardgasprijs. De totale kosten zijn bij beide prijsniveau's van aardgas lager voor een combinatiebehandeling. Microgolfenergie is niet alleen interessant voor een verbetering van de produktkwaliteit en efficiënte procesvoering, maar ook aantrekkelijk met het oog op energiebesparing en kostenreductie.

CONCLUSIE

Het drogen van uien m.b.v. electromagnetische energie in combinatie met hete lucht is vanuit commercieel en technologisch oogpunt een potentiëel interessant proces. Aange-
toond werd dat met dit proces:

- De droogtijd kan worden verkort
- De energieconsumptie lager is
- Minder krimp optreedt
- Een poreuzere structuur ontstaat
- Een natuurlijkere kleur blijft gehandhaafd
- De rehydratie verbeterd

De doelstelling van dit project om een beter rehydrateerbaar produkt met "near-fresh" eigenschappen te verkrijgen is gehaald.

Ten opzichte van een conventionele procesvoering biedt het ontwikkelde proces dus goede mogelijkheden voor het verkrijgen van een gedroogd produkt met een hogere toegevoegde waarde.

ATO-DLO is thans bezig met een oriënterend onderzoek voor opschaling van het droog-proces. Hiervoor zijn leveranciers van drogers benaderd en de wensen van groente-drogers geïnventariseerd.

Interessante topics voor vervolgonderzoek zijn het opschalen van de verschillende droog-technieken, het volgens verschillende technieken gedroogde produkt sensorisch evalueren in een eindprodukt en een geavanceerde textuuranalyse maken voor het gedroogde produkt.

VOORTGANGSVERSLAG UIENONDERZOEK 1994

Projectnummer : 6.05.02
Projecttitel : Uienafval als grondstof voor de produktie van pectine
Projectleider : Dr. R.M. Buitelaar
Overige medewerkers : W. v.d. Molen
Datum verslag : februari 1995

INLEIDING/DOELSTELLING

De grote hoeveelheid afvallen die vrijkomt bij de verwerking van uien is aanleiding nader te onderzoeken of er mogelijkheden zijn tot valorisatie van die afvallen. Hierbij wordt ernaar gestreefd componenten uit die afvalstromen een meerwaarde mee te geven waardoor het totale bedrijfsrendement kan worden vergroot.

Eén van de benaderingen die werd gekozen was een evaluatie van de mogelijkheden van de winning van pectine. Een andere benadering is het gebruik van uienafvallen als substraat voor fermentaties ten behoeve van de produktie van bio-brandstoffen. Dit ontwerp is in bijlage 9 nader toegelicht.

Als nevenstroom bij de isolatie van pectines uit de ui komt een vloeistof vrij die een groot aandeel aan geel/bruine kleurstoffen bevat. In de afgelopen periode is getracht toepassingen voor deze natuurlijke kleurstof te vinden in voedsel- en niet voedselsectoren.

VOORTGANG/RESULTATEN IN 1994

In 1994 is verdere studie gemaakt van de winning en toepassing van pectines en kleurstoffen. Als gevolg van dit project is een internationaal onderzoekproject geformuleerd dat is gericht op de winning van functionele voedingsbestanddelen (diverse soorten voedingsvezels) uit ui. Dit projectvoorstel werd begin 1995 ingediend bij de EU.

SAMENVATTING RESULTATEN 1991 TOT 1995

Pectine

In enkele publicaties, stammend uit de jaren '70, worden aan pectines uit de droge rokken van de ui (*Allium cepa* L.) goede eigenschappen toegeschreven. Pectine bestaat uit een keten van D-galacturonzuur eenheden, die op een α -1,4-glucosidische manier verbonden zijn. De carboxylgroepen kunnen veresterd zijn met methanol. Het aantal veresterde groepen bepaalt in belangrijke mate de gelerende eigenschappen van het pectine. Uit de publicaties blijkt dat uienpectine een veresteringsgraad heeft van rond de 60. Met dit pectine kunnen derhalve gels gevormd worden na toevoeging van suikers en zuur ($\text{pH} < 3$).

Commercieel worden pectines om economische redenen alleen uit residuen van appels en citrusfruit gewonnen. Er is onderzoek verricht naar alternatieven in de vorm van pectines uit suikerbieten of zonnebloemen. Beide pectine-soorten bleken in gelerende eigenschappen tegen te vallen.

Op grond van literatuur over winning van pectines uit plantenmateriaal en de beschikbare publikatie over pectines uit ui, is een protocol voor de extractie van pectines uit ui opgesteld. Pectines kunnen uit celwanden worden geïsoleerd door middel van extractie met heet water of met zure oplossingen met chelerende stoffen als EDTA en ammoniumoxalaat. Uit deze extracten kunnen de pectines worden neergeslagen met ethanol. Een opbrengst van 70-90% is daarbij haalbaar. Analyse-methoden voor het bepalen van de kwaliteit van uienpectine zijn uitgebreid in de literatuur beschreven.

Ammonium-oxalaat is volgens het emulgatorenbesluit van de Nederlandse Warenwet niet toegestaan als extractiemiddel.

Er is dus gezocht naar een vervangend middel. Hiervoor zijn verschillende zuren gebruikt o.a. citroenzuur, azijnzuur, verschillende concentraties zwavelzuur en verschillende concentraties zoutzuur.

Het blijkt, dat met zwavelzuur en zoutzuur geëxtraheerde droge uienrokken de hoogste opbrengst aan pectine geven.

Uit verdere kwaliteitstesten blijkt echter, dat de pectine, met zwavelzuur 0.1% geëxtraheerd, een te hoog gehalte aan zouten heeft.

Een nadeel van HCl als extractiemiddel is, dat pas na 4 uren extraheren bij 100°C alle pectine vrijkomt. Gedurende de extractie moet de HCl op pH=2.5 gehouden worden. Omdat 4 uren extraheren veel tijd en energie kost is geprobeerd om de pectine vrij te krijgen in de autoclaaf bij 120°C en 1,2 bar gedurende 20 min. De resultaten van beide methoden kwamen redelijk overeen.

Kleurstoffen

Voor het verkrijgen van een kleurloos pectinepreparaat uit uienafvallen is het noodzakelijk een percolatie met water te laten voorafgaan aan de uiteindelijke opwerkingsprocedure van pectine. Dit percolatiewater is geel tot bruin van kleur. De genoemde restfractie levert een kleurstofmengsel op (voorlopig na opwerking via vriesdrogen), dat waarschijnlijk in hoofdzaak bestaat uit quercetine en kaempferol.

Met dit kleurmengsel zijn testen uitgevoerd voor het kleuren van (hennep)papier en karton. Een kleurstelling werd bereikt die vrijwel overeenkwam met die, verkregen door toepassing van een synthetische (petrochemische) kleurstof waarmee de huidige grijsgrauwe uitgangspakketten uit de kartonnage-industrie worden gekleurd. De kleurstof uit uienafvallen is weinig tot niet lichtgevoelig, hetgeen resulteert in een kartonnageprodukt dat zich ook stabiel gedraagt tijdens de uitstalfase.

De extractieprocedure die werd gevolgd en tot nu toe alleen op kleine schaal werd uitgevoerd, is in principe milieuvriendelijker, zeer eenvoudig en uitvoerbaar met niet-agressieve oplosmiddelen. De geïsoleerde kleurstoffractie bedraagt 10% van het drooggewicht van de uienrokken. De verwachting is dat de benodigde hoeveelheid afvallen voor 60 ton kleurstof binnen Nederland kan worden betrokken. De kleurstof is volledig vrij van een uiegeur.

Verdere fractionering van de kleurstof is niet nodig gebleken, zodat dure opwerkingsstechnieken niet noodzakelijk zijn.

De hoeveelheid kleurstof die nodig is per hoeveelheid karton/papier is nog moeilijk aan te geven omdat momenteel voor het aanbrengen van de (synthetische) kleurstof op karton veelal lijmpersen worden toegepast. Met dompelproeven lijkt een oplossing van 6 mg kleurstof/ml water een goede kleuring op te leveren.

In principe zou de kleurstof zonder voorafgaande en vaak dure scheidingsprocedures bruikbaar zijn voor de kartonnage-industrie en een goed alternatief vormen voor de huidige synthetische kleurstoffen.

CONCLUSIE

Uit uienafval is een aantal interessante stoffen te extraheren, waaronder pectine en een bruine kleurstof. Voor beide componenten is overleg gaande over de toepassingen. Wat betreft de pectines wordt momenteel een onderzoeksvoorstel ingediend bij de EU.

VOORTGANGSVERSLAG UIENONDERZOEK 1994

Projectnummer : 6.02.03
Projecttitel : Produktie en in situ opwerking van aceton, butanol en ethanol (ABE) op agrarische afval
Projectleider : Dr. R.M. Buitelaar
Overige medewerkers : W. v.d. Molen
Datum verslag : februari 1995

INLEIDING/DOELSTELLING

In dit project wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om op basis van uienafval aceton, butanol en ethanol (ABE) microbieel te produceren met behulp van de anaerobe bacterie *Clostridium acetobutylicum*. ABE is geschikt voor gebruik als bio-brandstof.

Voor de opwerking van ABE uit de fermentatievloeistof worden zowel pervaporatie als perstractie, al dan niet gecombineerd met microfiltratie, bestudeerd. Naast verhoging van de ABE productie als gevolg van de *in situ* opwerking van butanol, vormen deze opwerkingsmethoden mogelijk een goedkoper alternatief voor de conventionele destillatie van ABE.

Naast de technische haalbaarheid is uiteraard de economische kant van dit proces van het grootste belang. Daarom is gepoogd de economische haalbaarheid van het ABE proces aan te geven, wanneer uienafval als grondstof wordt gebruikt.

VOORTGANG/RESULTATEN IN 1994

In 1994 zijn twee grote internationale projecten gestart op het gebied van de productie van ABE op plantaardige afval. In deze projecten wordt samengewerkt met Oostenrijk, Spanje, Griekenland, China en Nigeria. Aangezien deze projecten pas eind 1994 van start zijn gegaan is er nog niet veel te zeggen over de resultaten. Wel is het duidelijk dat de eerder opgebouwde expertise op ABE-gebied binnen ATO-DLO een belangrijke rol heeft gespeeld bij de toewijzing van deze projecten.

SAMENVATTING RESULTATEN 1991 TOT 1995

In batch fermentaties met *Clostridium acetobutylicum*, waarbij glucose of zetmeel werd gebruikt als substraat, werd aangetoond dat ABE geproduceerd wordt onder gecontroleerde condities. De productie kan beïnvloed worden door onder andere de substraatconcentratie en de pH van het medium. Bij hoge substraatconcentraties werd de fermentatie echter geremd door produktinhibitie (butanol).

Clostridium acetobutylicum blijkt in staat te zijn om goed op een zetmeelhoudend substraat te groeien en ABE te produceren. ABE opwerking door *in situ* perstractie werd in een batch fermentatie op 7% (w/v) aardappelpoeder uitgevoerd. Een mengsel van 50% oleylalcohol in decaan werd gebruikt om ABE via een holle vezel polypropyleen membraan te extraheren. *In situ* perstractie resulteerde in een volledige substraatconsumptie en een verhoging van de ABE-productie met 50% tot 20 g geproduceerd in 40 uur. Dit geeft aan dat het toxische effect van butanol werd verminderd door *in situ* opwerking.

Om te onderzoeken of uienafval gebruikt kan worden als substraat voor de ABE produktie, zijn experimenten uitgevoerd, waarbij gebruik werd gemaakt van fijngemaakte ontvelde uien. Het drogestof gehalte in de fermentor bij aanvang van het experiment was 12%. De cultuur bleek goed in staat te zijn om te groeien op ui. Azijnzuur en boterzuur werden geproduceerd in vergelijkbare hoeveelheden als bij fermentaties op aardappelpoeder (resp. 2 g/l en 3 g/l). De produktie van aceton, butanol en ethanol, die normaal gesproken volgt op de produktie van de zuren, bleef echter vooralsnog uit. De reden waarom er geen solvents geproduceerd werden is nog niet duidelijk. Het totaal eiwitgehalte zou voldoende moeten zijn. Het is wel mogelijk dat bepaalde zouten limiterend zijn (bijv. ijzer) of juist remmend kunnen werken op de ABE produktie (zoals calcium en zink). Omdat het uienmedium gesteriliseerd werd voor de fermentatie, zijn mogelijk bepaalde hitte-instabiele vitaminen geïnactiveerd.

Door vervuiling van het membraan liepen de *in situ* opwerkings-experimenten nog niet voldoende goed. Daarom is er vóór deze stap nog een microfiltratiestap ingebouwd.

Bovendien is een goed solvent ontwikkeld voor de geproduceerde aceton, butanol en ethanol. Een dergelijk extractiesolvent moet aan een aantal eisen voldoen, zoals een hoge partitie coëfficiënt en een hoge selectiviteit voor de produkten, het moet chemisch en thermisch stabiel zijn, niet toxisch, niet metaboliseerbaar, goedkoop en in ruime mate beschikbaar. Daarnaast moet het ABE er weer eenvoudig van te scheiden zijn. Dit laatste is een hele dure stap, daarom is gezocht naar een extractiemiddel dat direct als brandstof gebruikt kan worden. Hiervoor konden niet de standaard brandstoffen als benzine of diesel gebruikt worden omdat deze een lage partitiecoëfficiënt hebben voor butanol.

Gemethyleerde vetzuren van plantaardige oliën (biodiesel) kunnen als brandstof dienen voor landbouwvoertuigen. Toevoeging van ABE zou deze biodiesel kunnen verbeteren.

De gemethyleerde vetzuren van zonnebloemolie ware niet toxisch voor *Clostridium acetobutylicum* en werden ook niet door hen gemetaboliseerd. De partitiecoëfficiënt voor butanol was 1.1. *Clostridium acetobutylicum* was gekweekt zoals bij de perstractie experimenten. Na 36 uur was er een butanolconcentratie bereikt van 4.3 g/l en werd de opwerking gestart. Met een microfiltratie membraan met de gemethyleerde vetzuren als extractiemiddel werd het ABE gescheiden van de fermentatievloeistof. Op deze wijze werd de butanolconcentratie in het medium langer beneden de toxische waarde gehouden dan zonder geïntegreerde opwerking. De totale hoeveelheid geproduceerde ABE was hoger dan bij de controle. De ABE opbrengst steeg hierdoor tot 27 g/l, en de yield op glucose steeg tot 32%, wat aangeeft dat het proces op deze manier efficiënter verloopt. Daarnaast is een economische analyse gemaakt van het proces. Hierbij is uitgegaan van een systeem van ABE produktie gecombineerd met pervaporatie via een polyalcohol membraan.

Op grond van het voorgaande proces is een schatting gemaakt voor de produktiekosten van ABE. Voor de kosten van investeringen, onderhoud, afschrijving en overhead zijn standaard kostprijsberekeningsmethoden gebruikt. De investeringskosten zijn afgeleid van de directe kosten van de apparatuur volgens de methode van Lang (6, 7): de directe kosten van een membraaneenheid zijn vermenigvuldigd met een factor 1.75; de directe kosten van de andere apparatuur is vermenigvuldigd met een factor 3.7 (bekend voor 'gemengde processen'). Dit om de totale investeringskosten te kunnen berekenen (zie tabel 3).

In deze factoren zitten de kosten voor pijpwerk, heien, elektrische installaties, engineering, instrumentatie en overhead. Dit alles resulteert in de volgende kosten voor ABE produktie (zie tabel 4):

Tabel 3 Investeringskosten voor een ABE fabriek

Onderdeel	Grootte	Directe koste (1000f)	Totale investering (1000f)
Opslagtank ABE	160 m ³	40	148
Fermentatie:			
- fermentor	250 m ³	324	1200
- voorfermentor	10	10	20
- voorraadtank	10	2	8
- roerder		2	8
ABE opwerking:			
- pervaporatie eenheid	3150 m ²	851	1489
- vacuüm pomp		250	925
- stikstof koeler		10	40
- ABE decanter		2	8
- ABE distillatiekolom		10	40
Afvalwaterzuivering	100 m ³	30	110
Totale kapitaalkosten		1530	4020

Onderdeel	Jaarlijkse kosten (1000f)	% van de totale kosten
Onderhoud (7.5% investeringskosten)	302	9.4
Afschrijving (15% investeringskosten zonder membranen)	380	11.8
Membraanvervanging (35% membraan- investeringskosten)	521	16.2
Overhead	266	8.3
Verbruiksgoederen:		
- stoom	360	11.2
- water	324	10.1
- elektriciteit	532	16.5
- vloeibare stikstof	237	7.4
Personeel	300	9.3
Totaal	3222	100
ABE prijs	f 1.42/kg	

De prijs per kg die hier wordt gepresenteerd is, zoals uit het voorgaande moge blijken, gebaseerd op een flink aantal aannamen die alle zeer optimistisch zijn. Deze worden hieronder nogmaals samengevat:

- Er wordt uitgegaan van een continue aanvoer van afval als substraat voor dit productie proces. Het aanbod van afval van de uienverwerkende bedrijven is echter seizoensgebonden. Derhalve is een dergelijk proces, puur gebaseerd op deze specifieke grondstof, niet haalbaar. Er moet dus gedacht worden aan een multifunctioneel proces, waarbij ook andere grondstoffen uit tabel 1 kunnen worden gebruikt.
- Er is gerekend met een grondstofprijs van f 0,-. Dit is conservatief wanneer er van uit wordt gegaan dat de grondstof een afvalstroom is met een negatieve prijs. Zodra er echter een bestemming voor deze afvalstroom gevonden wordt zal de prijs positief worden, hetgeen een grote invloed kan hebben op de uiteindelijke ABE prijs.
- De opbrengsten van het hydrolyse proces zijn zeer positief ingeschat, terwijl er geen kosten aan zijn verbonden in deze berekening. Ook dit zal de uiteindelijke prijs verhogen.
- Er is geen rekening gehouden met transportkosten voor de grondstof. Zeker wanneer het afvalaanbod van vele verspreide lokaties dient te komen zal dit een behoorlijke invloed hebben op de prijs.
- De prestatie van het te gebruiken membraan zijn optimistisch ingeschat; deze waarden zijn nog niet bewezen in de praktijk.
- Het is mogelijk dat nog additionele componenten als substraat dienen te worden toegevoegd.
- De kosten voor de waterzuiveringsinstallatie zijn berekend met als uitgangspunt dat er al een bestaande, ruim gedimensioneerde afvalwaterzuiverings-installatie aanwezig is op het bedrijf, die slechts aangepast hoeft te worden voor deze extra activiteit.
Wanneer een hele nieuwe afvalwaterzuivering moet worden aangelegd, wordt het geheel ook veel duurder.

Al deze factoren te zamen kunnen de nu geschatte ABE-prijs nog zeker met enkele honderden procenten doen toenemen. De prijs kan eventueel gedrukt worden door bijvoorbeeld subsidies, maar die zullen geen structurele bijdrage in de kosten kunnen vormen.

CONCLUSIE

Technisch is het goed mogelijk om ABE te maken met plantaardige afval als substraat. De produktiviteit van het proces gaat drastisch omhoog wanneer de microbiële produktie wordt gecombineerd met *in situ* opwerking. Van de mogelijkheden die bestaan voor opwerking van ABE bleek pervaporatie (verdamping via een membraan) het meest geschikt. Er is een kostenberekening gemaakt van het proces. De uitkomsten zien er op het eerste gezicht gunstig uit, maar in de praktijk kunnen er vele factoren een rol spelen die de prijs drastisch verhogen.

Wetenschappelijk gezien heeft het project een vervolg gekregen in de vorm van twee internationale projecten op ABE-gebied.

ANAEROBE VERGISTING VAN UIEAFVALLEN

Onderzoeker : Ing. S.J.J. Lips
 Onderwerp : Afronding rapportage vergistingsonderzoek voor afval van
 uienverwerkende bedrijven
 Datum verslag : maart 1995

INLEIDING/DOELSTELLING

De Nederlandse uien sorteer- en pakstations produceren ca. 440.000 ton gesorteerde uien per jaar. Beschadigde uien, uien met rot, e.d. worden uitgesorteerd en als afval beschouwd. Daarnaast ontstaat er ook afval in de vorm van vellen en staartresten. De totale jaarlijkse afvalproduktie bedraagt hierdoor ca. 100.000 ton. Deze sorteer-afval is vanwege het lage drogestofgehalte en de sterke geur- en smaakstoffen nauwelijks bruikbaar als veevoeder. Een groot deel van deze afval wordt om die reden gestort. De storkosten per ton afval nemen echter jaarlijks fors toe. Op basis van de samenstelling van uien mag verwacht worden dat de ca. 80.000 ton uitgesorteerde uien goed anaëroob vergistbaar zijn, zie tabel 1. In deze tabel staat de samenstelling van uien volgens de Duitse en Nederlandse voedingsmiddelentabellen [1]. Schilafval hebben een vrijwel gelijke samenstelling, zodat ook hiervan een goede vergistbaarheid verwacht mag worden. De vellen en staartresten zijn door het hoge as- en cellulosegehalte slecht vergistbaar.

Tabel 1: Hoofdbestanddelen van uien volgens Nederlandse en Duitse voedingstabel

Bestanddelen	Nederlandse voedingstabel	Duitse voedingstabel
water	86	87.6
eiwit	1	1.25
vet	0.3	0.25
koolhydraten	10	9.55
ruwe celstof	1	0.76
mineralen (as)		0.59

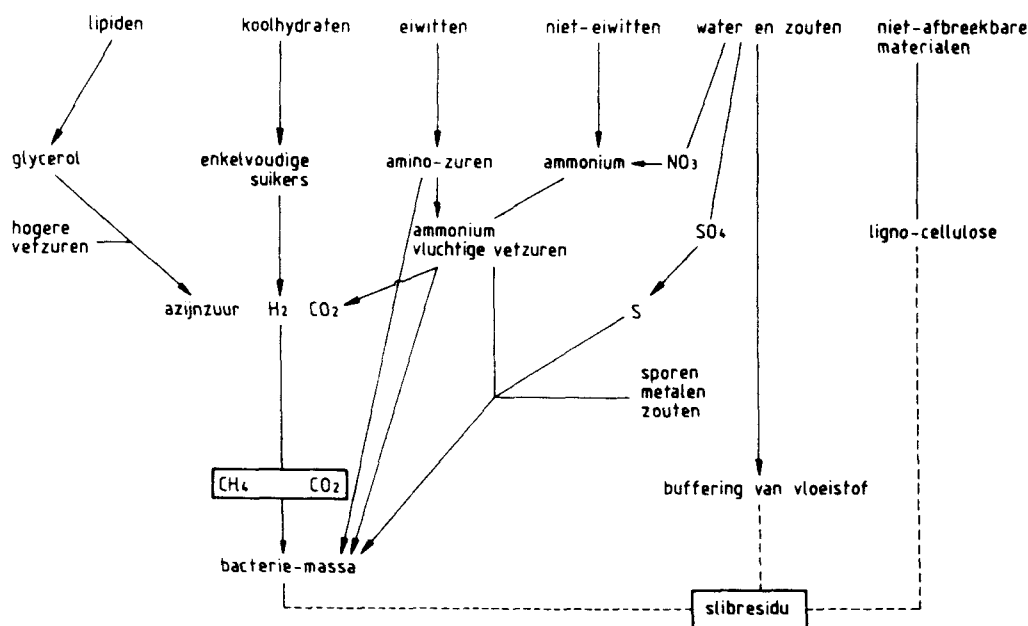
In de literatuur werden geen gegevens betreffende de anaërobe vergisting van uien gevonden. *Op basis van de bovenstaande gegevens werd daarom een onderzoek gestart naar de technische en economische haalbaarheid van de anaërobe vergisting van uitgesorteerde uien.*

Bij de anaërobe vergisting van organische afval ontstaat enerzijds een residu dat verder moeilijk omzetbaar is en anderzijds biogas. Dit biogas bestaat voor ongeveer de helft uit methaan en de ander helft uit kooldioxide. Verder bevat het nog kleine hoeveelheden waterdamp, zwavelwaterstof en ammoniak. De beide laatste componenten kunnen, afhankelijk

van de concentratie in de vloeistof en de pH, remmend werken op de bacteriemassa. Het biogas kan, bij een juiste afstelling van de branders, aardgas uitstekend vervangen. Het residu bestaat uit ligno-cellulose, as en bacteriemassa en is in het algemeen goed als compost te gebruiken. De anaërobe vergisting kan men grofweg in drie stappen verdelen:

- De hydrolyse van macromoleculair materiaal tot enkelvoudige moleculen als glucose en pentose. Dit is de traagste stap in het proces en wordt pas uitgevoerd indien er een gebrek ontstaat aan gemakkelijk omzetbare stoffen.
- De verzuring, waarbij suikers e.d. omgezet worden in lagere vetzuren zoals azijnzuur en propionzuur. Dit is de snelste stap in het proces.
- De methaanvorming, waarbij deze vetzuren omgezet worden in methaan en kooldioxide.

De normale vergistingstemperatuur bedraagt 30 à 35 °C. In afbeelding 1 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste reacties in het anaërobe vergistingsproces [2].



Afbeelding 1: De belangrijkste reacties in de anaërobe vergisting volgens Hobson

Slechts een klein deel van de uien bestaat uit macromoleculair materiaal, dus de hydrolyse (stap a) is van ondergeschikt belang in dit vergistingsproces. Het merendeel van de organische drogestof in uien bestaat uit laag moleculaire suikers. Voor deze componenten is de verzuring (stap b) de eerste stap in het afbraakproces. Voor de methaanvormers (stap c) werkt een lage pH remmend. Binnen een anaëroob vergistingssysteem is het dus van belang de hoeveelheid gevormde vetzuur dat in contact is met de methaanvormende bacteriën goed onder controle te houden. Om een stabiel systeem te verkrijgen wordt bij veel praktijkinstallaties daarom bufferende hulpstoffen als kalk en bicarbonaat toegevoegd.

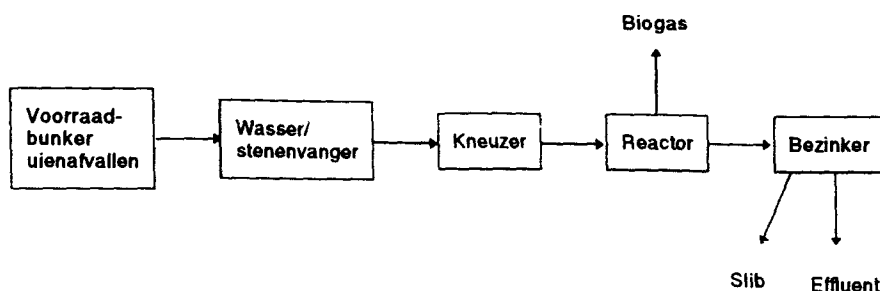
Uit laboratorium experimenten bleek dat bij vergisting van uienafval met het IBVL 2 - trapssysteem maximaal een verwerkingscapaciteit van 5 kg CZV/m³.dag bereikt kon worden [3]. Daarom werd besloten op semi-technische schaal niet een tweetrapsysteem maar een ééntraps slurryvergisting uit te testen, waarvan de verwerkingscapaciteit op een gelijk niveau werd ingeschat. Een slurryvergister zal in de praktijk echter eenvoudiger te bedienen zijn en minder controle vergen.

In een slurryvergister vinden de drie achtereenvolgende globale afbraakstappen in één reactievat plaats. In de slurry is de methaanvorming in evenwicht met de vorming van vetzuren. Dit evenwicht kan verstoord worden door schokbelastingen of overvoeding gedurende langere tijd. Dit zal tot gevolg hebben dat het zuurgehalte oploopt en remmend gaat werken op de methaanvormende bacteriën. Hierdoor zal de pH nog verder dalen en uiteindelijk kan dit het uitsterven van de methaanflora tot gevolg hebben. De bacteriën die het propionzuur omzetten in methaan zijn de meest gevoelige. Een oplopend propionzuurgehalte is daardoor de eerste indicatie dat het systeem wordt overvoed. In de literatuur werd slechts een gering aantal artikelen over de anaërobe vergisting van vaste afvalfen gevonden, het merendeel betrof de vergisting van afvalwaters. Lane beschrijft de vergisting van diverse vaste afvalfen van de groente- en fruitverwerkende industrie in een slurryvergister [4,5]. De maximale belasting van het systeem bedroeg daarbij 2,4 tot 4,6 kg drogestof/m³.dag, afhankelijk van het soort afval. Bij een ééntrops slurryvergisting is er meestal geen sprake van slibretentie, waardoor lange verblijftijden van 20 á 25 dagen noodzakelijk zijn. Deze lange verblijftijd in de reactor maakt het, om er zeker van te zijn dat het systeem in evenwicht is, noodzakelijk de werking van een systeem gedurende langere tijd te bestuderen. Gedurende 2 jaar werd in drie perioden uitvoerig geëxperimenteerd met een dergelijke vergister, waarbij het systeem technisch regelmatig werd aangepast. De experimenten staan beschreven in drie interne voortgangsverslagen. Deze experimenten werden uitgevoerd bij het uienverwerkend bedrijf Triumphus Union Products bv. (TOP) te 's Gravenpolder in Zeeland.

Experimenteel

Het vergistingssysteem bestond uit een experimentele vergistingsreactor met een volume van 10 m³. De verkleinings- en invoerapparatuur had een capaciteit passend bij een praktijksysteem. Met behulp van tijdschakelaars werd het toevoerdebiet aangepast aan de relatief kleine vergistingsreactor in deze proefopstelling. Het totale systeem was als volgt opgebouwd:

De uitgesorteerde uien werden vanuit een doseerbunker door een stenenvanger/wasser geleid. Vervolgens werden deze in een kneuzer zodanig geplet dat het inwendige van de ui goed toegankelijk werd voor de anaërobe bacteriën. De geplette en ten dele verkleinde uien werden met behulp van een invoerschroef in de vergistingsreactor gebracht. Deze reactor was voorzien van een roerwerk om de afvalfen voortdurend in beweging te houden en plaatselijke verzuring te voorkomen. Het effluent van de reactor werd aanvankelijk via twee bezinkers naar de op het bedrijf aanwezige aërobe zuivering geleid. Het vergistingssysteem wordt in afbeelding 2 schematisch weergegeven. Nadat vastgesteld was dat het effect van deze



Afbeelding 2: Schematische weergave van het vergistingsproces

bezinkstap nihil was, werd het effluent rechtstreeks naar de zuivering geleid. Aan het eind van proefperiode werd het effluent op laboratorium schaal gezuiverd. Bij dit laboratorium experiment werd het slib m.b.v. polyelectrolyt uitgevlokt en vervolgens gecentrifugeerd.

De werking van het systeem werd m.u.v. de weekends dagelijks gecontroleerd, maar aan het eind van deze experimentele periode was de controle minder intensief. De maximale tijd dat het systeem zonder een controle ter plekke draaide bedroeg 1 week.

Om een goede controle van het systeem te waarborgen werden de gasproductie, de pH en het methaangehalte on-line gemeten. Daarnaast werd, weer m.u.v. de weekends het gehalte aan zwakke zuren gemeten. Het methaangehalte werd m.b.v. een infrarood gasanalyser gemeten, het gehalte aan zwakke zuren werd volgens de methode van der Laan en Hobma uitgevoerd [6].

Om het functioneren van de bacteriepopulatie meer in detail te kunnen bestuderen werden achteraf het drogestof- en asgehalte, de CZV concentratie, de vetzuursamenstelling, het gehalte aan zwakke zuren werd volgens de methode van der Laan en Hobma uitgevoerd [6].

Om het functioneren van de bacteriepopulatie meer in detail te kunnen bestuderen werden achteraf het drogestof- en asgehalte, de CZV concentratie, de vetzuursamenstelling, het ammonium/ammoniak gehalte en het gehalte aan fosfaat vastgesteld. Van de uien werden het drogestof- en asgehalte vastgesteld.

RESULTATEN

Experimentele gegevens

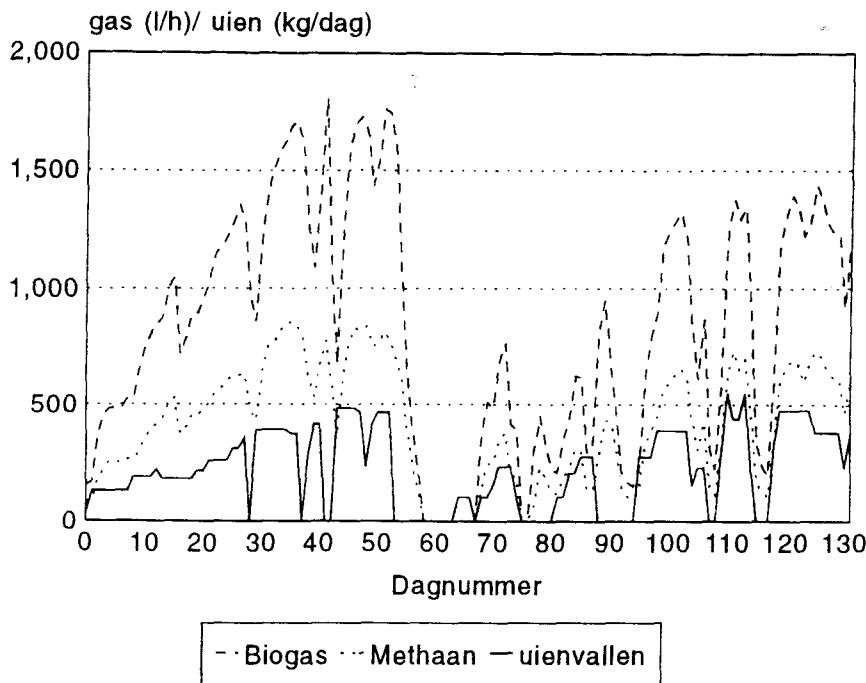
De eerste twee proefperioden hebben geleid tot een aantal aanpassingen van het systeem. Deze aanpassingen hadden vooral betrekking op de in- en uitvoermechanismen van de reactor. In de derde periode werd de maximaal haalbare verwerkingscapaciteit van de reactor bevestigd.

Het wassen van de uien blijkt een noodzakelijke handeling te zijn om te voorkomen dat stenen en aanhangende grond het proces van kneuzen en vergisten verstoren. Om de uien voor de bacteriën toegankelijk te maken kan volstaan worden met het pletten of kneuzen van de uien. Een verdere verkleining is niet nodig.

De uien bevatten gemiddeld 11,3% drogestof, waarvan 0,7% bestaat uit anorganische- en 10,6% uit organische materie. Plantuien en bepaalde uienrassen kunnen echter een drogestofgehalte van 16% hebben. In één geval werd zelfs 18% aan drogestof gemeten. Bij een plotselinge dosering van dergelijke uien zal zonder aanpassing van het voedingsdebiet een overbelasting en remming van de bacteriën ontstaan.

Het systeem kon een voeding van 400 kg uien per dag goed verwerken. De voeding aan afval en de gasproductie gedurende de laatste proefperiode staan in afbeelding 3 weergegeven.

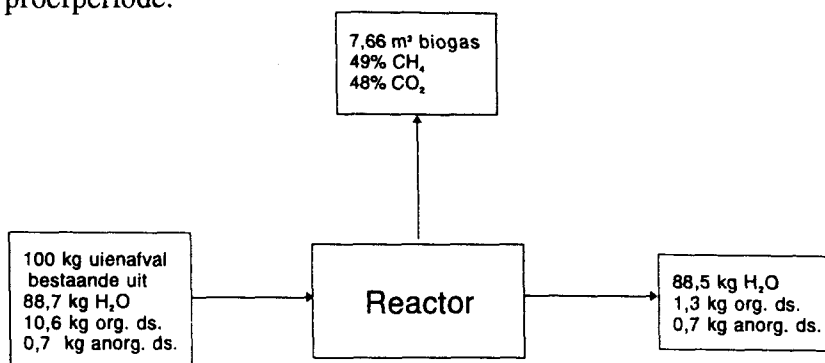
Tussen dag 30 en dag 55 en na dag 100 werd 400 kg afval of meer gedoseerd. De dalen in deze afbeelding werden ofwel door het bewust stoppen van de voeding na een overbelasting, ofwel door het regelmatig uitvallen van het roerwerk veroorzaakt. Na reparaties van het roerwerk in de periode van dag 55 t/m dag 80 viel de motor van het roerwerk regelmatig thermisch uit. Dit was waarschijnlijk het gevolg van de grote krachten die optraden als de roerder de drijfslag in de reactor in beweging moest brengen. Bij het ontwerp van een praktijkreactor zal hiermee terdege rekening moeten worden gehouden.



Afbeelding 3: Voeding aan uienafvallen en gasproductie

Een praktijkreactor zal ontworpen dienen te worden op een capaciteit van 40 kg uien /m³.dag. Hogere belastingen bleken mogelijk, maar de genoemde capaciteit biedt enige reserve in geval van calamiteiten. Van de organische drogestof werd ca. 88 % omgezet in biogas en ca. 8% in bacteriemassa. Bij hogere belastingen trad schuimvorming op. Met extra reactorvolume of dosering van een anti-schuimmiddel kan voorkomen worden dat het schuim in het gasafvoersysteem terecht komt.

Het biogas had een methaangehalte van 49% en een kooldioxide gehalte van 48 %. De rest werd gevormd door waterdamp en zeer kleine hoeveelheden ammoniak en zwavelwaterstof. De produktie aan methaan bleek 38 m³ per ton uien te zijn. De omzettingsrendementen bleken in de laatste twee proefperioden zeer dicht bij elkaar te liggen. De absolute hoeveelheden verschilden echter aanzienlijk doordat in de laatste periode relatief veel uien met een hoog drogestof gehalte werden gedoseerd. Bij het ontwerp van een praktijksysteem dient men echter uit te gaan van een verwaarloosbare hoeveelheid uien met een hoog drogestof gehalte. Men kan dan uitgaan van de volgende globale materiaalbalans, die gebaseerd is op de resultaten in de tweede proefperiode.



Afbeelding 4: globale massabalans bij de vergisting.

Bij een voeding van 40 kg/m³.dag wordt ca. 4,1 kg CZV/m³.dag omgezet in biogas. Het systeem wordt dan belast met ca. 4,7 kg CZV/m³.dag. Deze belasting komt overeen met de hoogste belastingen die Lane op laboratorium- of semi-technische schaal gemeten heeft. [4,5]. De methaanproductie bleek bij deze experimenten met uien zelfs iets hoger te liggen. Er werd 0,34 tot 0,4 g CZV/g slib in biogas omgezet.

De pH van de vloeistof in de reactor bleek zich rond de 7 te bewegen. Dosering van kalk ter verhoging van de alkaliteit was niet nodig. Bij beveiliging van het systeem tegen overbelasting kan het beste voor een minimum pH van 6,6 gekozen worden.

De totale concentratie aan ammonium en ammoniak bleek zich bij een actief systeem te bewegen tussen de 400 en 800 mg/l. Bij de gemeten pH's kunnen dergelijke concentraties geen remming van bacteriologische activiteit veroorzaken [7].

Naast de omzetting van materiaal in biogas wordt een klein deel omgezet in bacteriemassa. Aannemende dat alle gebonden stikstof in bacteriemassa is ingebouwd, kan berekend worden dat ca. 8% van de organische drogestof voor de groei van de micro-organismen werd gebruikt. Het niet omgezette deel van de organische drogestof is moeilijk of in het geheel niet anaëroob vergistbaar en vormt samen met de gevormde bacteriemassa het residu. Tabel 2 toont de gemiddelde samenstelling van dit residu over de laatste twee proefperiodes.

Tabel 2: Samenstelling van het effluent van de slurryvergister

			Dit effluent bevat nog een te hoog CZV- en stikstofgehalte om het op het riool te kunnen lozen. Zelfs als dit door het zuiveringsschap geaccepteerd wordt dan zullen de zuiveringslasten hoger zijn dan de rest van de verwerkingskosten. Door centrifugeren van dit effluent kwam 68 % van de CZV en 69% van de stikstof in het concentraat terecht. Door het slib eerst uit te vlokken met een poly-electrolyt konden deze percentages worden verhoogd tot resp. 97 en 85%. Het
totaal drogestof	23,5	g/l	
organische drogestof	16,2	g/l	
anorganische drogestof	7,3	g/l	
CZV	21,8	g/l	
CZV gecentrifugeerd	4,6	g/l	
stikstof-Kjeldahl	2,3	g/l	
ammonium+ammoniak	730	mg/l	
fosfaat	86	mg/l	

volume van dit concentraat is ca. 1/3 deel van het uitgangsvolume. De heldere vloeistof bevat dan ca. 760 mg CZV en 350 mg N-kjeldahl. Het gebruik van een decanter in plaats van een centrifuge zal de hoeveelheid ingedikt slib verder verkleinen. Verwacht wordt dat het slib met een dergelijk apparaat nog een factor 2 ingedikt kan worden. Dit levert een hoeveelheid slib op van 1/6 deel van de totale hoeveelheid residu. Dit steekvast slib zal dan een drogestof gehalte hebben van ca. 15%. De afvoer van het slib zal derhalve slechts 1/6 deel van de afvoer van de uienafvalfen bedragen. Indien het slib op in de nabijheid gelegen akkers als meststof kan worden gebruikt kan extra op deze kosten worden bespaard. In dit kader werd een oriënterend onderzoek gedaan naar het overleven van sclerotiën van de witrotschimmel *Sclerotium Cepivorum* in een dergelijk anaëroob milieu. In samenwerking met de LU-sectie phytopathologie werd vastgesteld dat na 1 dag nog slechts 2 % van de sclerotiën en na 7 dagen in het geheel geen sclerotiën meer ontkiemden.

Kostenberekening

Met de bovengenoemde resultaten kunnen de kosten voor de anaërobe vergisting van uienafvallen redelijk nauwkeurig worden berekend.

Bij deze berekening worden de volgende uitgangspunten gehanteerd.

Er zijn in Nederland ca. 10 bedrijven die gedurende 40 weken tussen de 700 en 1000 ton gesorteerd produkt per week afleveren. Deze bedrijven bedienen ca. 75% van de gehele markt. Voor deze kostenberekening wordt daarom uitgegaan van een productiecapaciteit van 850 ton gesorteerd produkt per week. De produktie aan vergistbare afvallen is daarbij 6000 ton/jaar en 890 kg/h. Bij een verwerkingscapaciteit van 40 kg/m³.dag is netto een reactorvolume van 535 m³ nodig. Er wordt uitgegaan van een reactor van 600 m³, hierdoor is 65 m³ beschikbaar voor gas en schuim.

Tabel 3: Investering voor een praktijkreactor xfl 1000,-

Wasser	50
Kneuzer	35
Opvoerschroef	22
Reaktor	345
Gasbenutting en fakkel	105
Pomp- en nagistvat	25
Decanter	84
Subtotaal	666
leidingwerk en montage 10%	67
elektrische voorzieningen 10%	67
isolatie	27
Subtotaal	827
onvoorzien 10%	83
Totaal	910

Omdat momenteel ook afvallen worden afgevoerd, wordt aangenomen dat de voor het weekend benodigde bunker met afvoerband al aanwezig is op een dergelijk bedrijf. Verder wordt er van uitgegaan dat de afvoer van het steekvast slib naar stort of omliggende akkers goedkoper zal zijn dan de huidige transportkosten van de uienafvallen. Dit voordeel is natuurlijk sterk afhankelijk van de lokaties van het verwerkingsbedrijf en de stortplaats en dienen voor ieder bedrijf afzonderlijk te worden gecalculeerd.

Verder wordt aangenomen dat het ontstane afvalwater met een CZV gehalte van 760 mg/l en een stikstof-Kjeldahl gehalte van 350 mg/l naar een riool-waterzuivering kan worden afgevoerd. Bij de berekening van de zuiveringslasten werd uitgegaan van een aanslag van f 107,- per vervuilingseenheid (V.E.). Dit is de gemiddelde aanslag per V.E. van 8 Zeelandse zuiveringschappen. Bij deze

verwerkingscapaciteit ontstaat 228.000 m³ methaan per jaar. Hiervan is ongeveer 1/5 deel nodig voor het op temperatuur brengen en houden van de afvallen en de reactor. Het resterende 4/5 deel kan gebruikt worden voor het drogen van de uien (scherp maken) en de verwarming van de gebouwen. Uitgaande van een prijs van f 0,15 /m³ aardgas kan dit biogas ca. f 5,- per ton uien opbrengen. Bij bovengenoemde uitgangspunten kunnen de investering en jaarlijkse lasten berekend worden. De totale investering van een dergelijk installatie bedraagt f 910.000,- , zie tabel 3.

De jaarlijkse lasten bedragen f 321.000,- hetgeen neerkomt op f 54,- per ton afval, zie tabel 4. Indien het geproduceerde biogas inderdaad ingezet kan worden daalt dit tot f 49,- per ton afval.

Tabel 4: Berekening van de jaarlijkse lasten en de kosten per ton afval

	Jaarlijkse lasten (x fl 1000,-)	% van de totale kosten
Rente 8%	73	23%
Afschrijving 10%	91	28%
onderhoud 4%	37	12%
bediening	40	12%
elektrische energie	36	11%
zuiveringslasten	29	9%
Polyelectrolyt	15	5%
Totaal	321	100 %
kosten/ton afval	fl 54,-	
gasopbrengst ton afval	fl 5,-	
kosten/kg produkt	fl. 0,01	

De kostenbesparing die door deze anaërobe vergisting bereikt kan worden hangt sterk af van de lokale omstandigheden, zoals de afstand tot de stortplaats en de gehanteerde storkosten. De storkosten variëren sterk, zo gold in 1993 in de N.O. polder een tarief van f 36,-/ ton uien. In hetzelfde jaar gold in Lelystad een tarief van f 80,-/ton uien. In Zeeland bedroegen de storkosten voor dit soort afvallen in 1994 f 40,- tot f 60,-/ton. Verwacht wordt dat deze kosten in de toekomst zullen stijgen tot ca. f 140,-/ton [8]. Voor een aantal verwerkingsbedrijven zal deze afvalverwerking nu of in de nabije toekomst een reëel alternatief zijn.

CONCLUSIES

Rekening houdend met een aantal technische voorwaarden is anërobe vergisting van uitgesorteerde uien en schilafvallen in een slurryvergister goed mogelijk.

Er is een stabiele procesvoering mogelijk zonder de inzet van bufferende chemicaliën.

Het effluent uit de vergistingsreactor dient met behulp van poly-electrolyt en een decanter tot een steekvast slib en een heldere vloeistof te worden opgewerkt.

De controle en het operationeel houden van het systeem kan uitgevoerd worden door middelbaar opgeleid personeel. Deze controle vormt maximaal een halve dagtaak.

De kosten bedragen ca. f 54,-/ton afval. Indien het ontstane biogas op locatie benut kan worden dalen deze kosten tot f 49,-/ton afval.

Door de veel geringere hoeveelheid zullen de transportkosten van het steekvast slib maximaal 1/6 deel bedragen van de huidige transportkosten van de totale hoeveelheid uitgesorteerde uien.

Voor de sorteerbedrijven zal deze methaanvergisting nu of in de nabije toekomst een reëel alternatief zijn voor het storten van deze uitgesorteerde uien.

Referenties

- 1 Sprenger Instituut Mededeling nr. 30
- 2 Hobson P.N., Bousfield S., Summers R. 1981, Methane production from Agricultural and Domestic Wastes, Applied Science Publishers, London.
- 3 Lips S.J. , 1985, Anaërobe vergisting van uien, IBVL rapport 529
- 4 A.G. Lane, 1984, Biomass 5, 245-259
- 5 A.G. Lane, 1984, Environmental Technology Letters, Vol. 5 pp 141-150
- 6 Laan J.G.R. van der, Hobma S.W., 1978, H₂O 11, 20,465
- 7 McCarty P.L., McKinney R.E., 1961, Journal WPCF 33, p399
- 8 BIDOC, Afval Overleg Orgaan, 1993, Zeeuws preventieproject- kiezen voor minder afval, Rapportage demonstratieprojecten midden- en kleinbedrijf.